

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10194266  
PUBLICATION DATE : 28-07-98

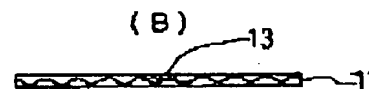
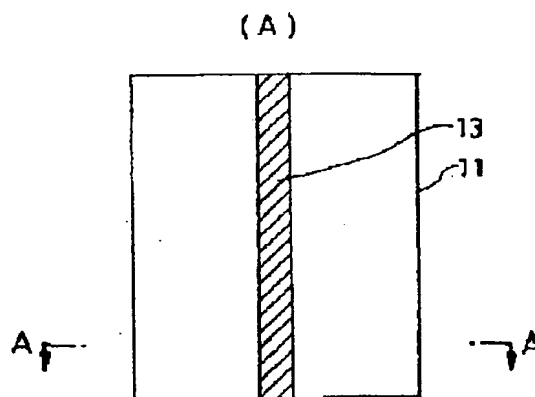
APPLICATION DATE : 27-12-96  
APPLICATION NUMBER : 08357805

APPLICANT : TAJIMA INC;

INVENTOR : TAJIMA EIICHI;

INT.CL. : B65D 5/44

TITLE : REINFORCED CORRUGATED  
CARDBOARD AND CARTON MADE  
THEREOF



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To make it unnecessary to reinforce a package with gum tape at the packing work and prevent the package from being damaged at the keeping and transporting works, by burying a reinforcing tape so as to apply it across corrugated cardboard on the surface thereof.

SOLUTION: A tape-form reinforcing member 13 is buried so as to apply it across ordinary corrugated cardboard 11. Paper excellent in the strength such as kraft paper or a tape-formed material excellent in the strength such as plastic film are used for the reinforcing member 13. In this way, it becomes unnecessary that the corrugated cardboard 11 is further reinforced by gum tape at the packing work, by reinforcing it in advance.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-104266

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 P 15/125

G 0 1 P 15/125

G 0 1 C 19/56

G 0 1 C 19/56

G 0 1 P 9/04

G 0 1 P 9/04

H 0 1 L 29/84

H 0 1 L 29/84

Z

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号

特願平8-256377

(22) 出願日

平成8年(1996) 9月27日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 三田村 健

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(72) 発明者 三原 輝儀

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

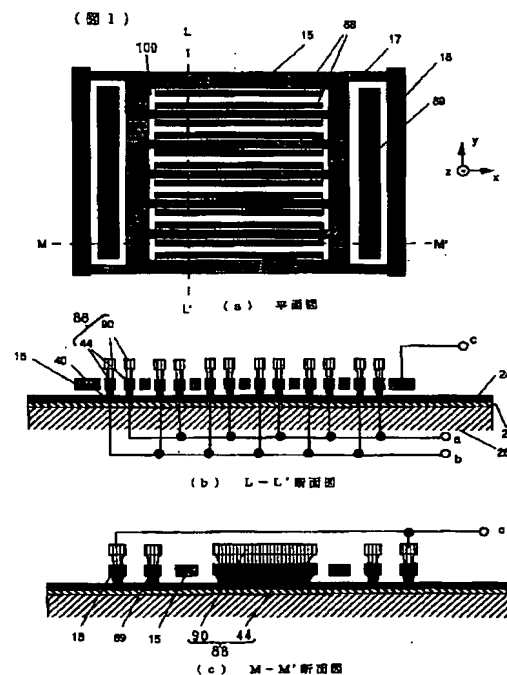
(74) 代理人 弁理士 中村 純之助 (外1名)

(54) 【発明の名称】 力学量センサおよびそれをを用いた集積回路

(57) 【要約】

【課題】 衝撃等に対する強度が大きく、かつゴミによる不都合を解決し、信頼性が高く、製造歩留まりが高くて製造コストが低い力学量センサを提供する。

【解決手段】 導電性物質からなる質量15と前記質量を基板上に支持する導電性物質からなる弾性支持体17とを有する振動系と、前記基板に固定され、前記質量内に設けた貫通孔100を貫通するように配置された前記質量の変位制限手段88と、力学量入力に応じて前記質量に発生する力を検出軸方向の前記質量の変位として検出する前記質量と静電結合した電極(88が兼用)と、を備えた力学量センサ。上記変位制限手段が衝撃印加時における質量の変位を制限するので、落下等の衝撃が印加されても質量と電極とのずれがなくなり、信頼性が向上する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】導電性物質で形成された質量と前記質量を基板上に支持する導電性物質で形成された弾性支持体とを有する振動系と、

前記基板に固定され、前記質量内に設けた貫通孔を貫通するように配置された、前記質量の変位を制限する変位制限手段と、

力学量入力に応じて前記質量に発生する力を検出軸方向の前記質量の変位として検出する前記質量と静電結合した電極と、を備えたことを特徴とする力学量センサ。

【請求項2】前記変位制限手段は、前記質量の検出軸方向の変位を検出する電極を兼ねることを特徴とする請求項1に記載の力学量センサ。

【請求項3】前記導電性物質で形成された振動系、前記変位制限手段、前記質量の検出軸方向の変位を検出する電極のうち少なくとも一つは堆積した導電性物質で形成することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の力学量センサ。

【請求項4】前記導電性物質で形成された振動系、前記変位制限手段、前記質量の検出軸方向の変位を検出する電極のうち少なくとも一つは単結晶の導電性物質で形成することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の力学量センサ。

【請求項5】導電性物質で形成された質量と前記質量を基板上に支持する導電性物質で形成された弾性支持体とを有する振動系と、

前記基板に固定され、前記質量内に設けた貫通孔を貫通するように配置された、前記質量の変位を制限する変位制限手段と、

力学量入力に応じて前記質量に発生する力を検出軸方向の前記質量の変位として検出する前記質量と静電結合した第1の電極と、

前記質量の変位検出軸方向とは異なる方向に前記質量を駆動する前記質量と静電結合した第2の電極と、を備えたことを特徴とする力学量センサ。

【請求項6】前記変位制限手段は、前記質量の検出軸方向の変位を検出する第1の電極または前記質量を駆動する第2の電極を兼ねることを特徴とする請求項5に記載の力学量センサ。

【請求項7】前記導電性物質で形成された振動系、前記変位制限手段、前記質量の検出軸方向の変位を検出する第1の電極、前記質量を駆動する第2の電極のうち少なくとも一つは堆積した導電性物質で形成することを特徴とする請求項5または請求項6に記載の力学量センサ。

【請求項8】前記導電性物質で形成された振動系、前記変位制限手段、前記質量の検出軸方向の変位を検出する第1の電極、前記質量を駆動する第2の電極のうち少なくとも一つは単結晶の導電性物質で形成することを特徴とする請求項5または請求項6に記載の力学量センサ。

【請求項9】前記変位制限手段は、許容される入力範囲

においては前記質量が前記変位制限手段を越えて変位し得ない程度に基板上に充分な高さを有することを特徴とする請求項1乃至請求項8の何れかに記載の力学量センサ。

【請求項10】前記変位制限手段は、基板固定端と反対側の端で前記質量の貫通孔からはみ出した部分の大きさが、前記貫通孔の内径より大きく、前記質量の基板法線方向の変位を制限する形状であることを特徴とする請求項1乃至請求項9の何れかに記載の力学量センサ。

【請求項11】前記変位制限手段を複数個有し、かつ前記変位制限手段は基板固定端と反対側の端で、少なくとも一つの隣接する別の前記変位制限手段と前記質量を囲むように接続され、前記質量の基板法線方向の変位を制限する形状であることを特徴とする請求項1乃至請求項9の何れかに記載の力学量センサ。

【請求項12】導電性物質で形成された質量と弾性支持体とを有する振動系と、

前記基板に固定され、前記質量内に設けた貫通孔を貫通するように配置された、支持構造体と、

前記支持構造体により基板上に支持され、前記基板とで前記振動系を内包する閉空間を形成する導電性のシェルと、

力学量入力に応じて前記質量に発生する力を検出軸方向の前記質量の変位として検出する前記質量と静電結合した電極と、

前記質量の変位を制限する変位制限手段と、を備えたことを特徴とする力学量センサ。

【請求項13】前記シェルの支持構造体は、前記質量の検出軸方向の変位を検出する電極または前記質量の変位制限手段の少なくとも一方を兼ねることを特徴とする請求項12に記載の力学量センサ。

【請求項14】前記シェルは前記質量の変位制限手段を兼ねるか、または前記シェルは電氣的に独立した複数領域で構成され、前記質量の検出軸方向の変位を検出する電極を兼ねることを特徴とする請求項12または請求項13に記載の力学量センサ。

【請求項15】前記導電性のシェル、前記シェルを支持する支持構造体、前記導電性物質で形成された振動系、前記質量の検出軸方向の変位を検出する電極、前記質量の変位制限手段のうち少なくとも一つは堆積した導電性物質で形成することを特徴とする請求項12乃至請求項14の何れかに記載の力学量センサ。

【請求項16】前記導電性のシェル、前記シェルを支持する支持構造体、前記導電性物質で形成された振動系、前記質量の検出軸方向の変位を検出する電極、前記質量の変位制限手段のうち少なくとも一つは単結晶の導電性物質で形成することを特徴とする請求項12乃至請求項14の何れかに記載の力学量センサ。

【請求項17】前記入力する力学量は加速度であることを特徴とする請求項1乃至請求項4または請求項12乃至請求項14の何れかに記載の力学量センサ。

至請求項16の何れかに記載の力学量センサ。

【請求項18】導電性物質で形成された質量と弾性支持体とを有する振動系と、

前記基板に固定され、前記質量内に設けた貫通孔を貫通するように配置された、支持構造体と、

前記支持構造体により基板上に支持され、前記基板と前記振動系を内包する閉空間を形成する導電性のシェルと、

力学量入力に応じて前記質量に発生する力を検出軸方向の前記質量の変位として検出する前記質量と静電結合した第1の電極と、

前記質量の変位検出軸方向とは異なる方向に前記質量を駆動する前記質量と静電結合した第2の電極と、

前記質量の変位を制限する手段と、を備えたことを特徴とする力学量センサ。

【請求項19】前記閉空間が真空中に維持されていることを特徴とする請求項18に記載の力学量センサ。

【請求項20】前記シェルの支持構造体は、前記質量の検出軸方向の変位を検出する第1の電極または前記質量を駆動する第2の電極と、前記質量の変位制限手段との少なくとも一方を兼ねることを特徴とする請求項18または請求項19に記載の力学量センサ。

【請求項21】前記シェルは前記質量の変位制限手段を兼ねるか、または前記シェルは電気的に独立した複数領域で構成され、前記質量の検出軸方向の変位を検出する第1の電極もしくは前記質量を駆動する第2の電極を兼ねることを特徴とする請求項18乃至請求項20の何れかに記載の力学量センサ。

【請求項22】前記導電性のシェル、前記シェルを支持する支持構造体、前記導電性物質で形成された振動系、前記質量の検出軸方向の変位を検出する第1の電極、前記質量を駆動する第2の電極、前記質量の変位制限手段のうち少なくとも一つは堆積した導電性物質で形成することを特徴とする請求項18乃至請求項21の何れかに記載の力学量センサ。

【請求項23】前記導電性のシェル、前記シェルを支持する支持構造体、前記導電性物質で形成された振動系、前記質量の検出軸方向の変位を検出する第1の電極、前記質量を駆動する第2の電極、前記質量の変位制限手段のうち少なくとも一つは単結晶の導電性物質で形成することを特徴とする請求項18乃至請求項21の何れかに記載の力学量センサ。

【請求項24】前記入力する力学量は角速度であることを特徴とする請求項5乃至請求項11または請求項18乃至請求項23の何れかに記載の力学量センサ。

【請求項25】前記導電性物質で形成された振動系は、基板上に設けた溝部内に堆積した導電性物質で形成することを特徴とする請求項3、請求項7、請求項15または請求項22の何れかに記載の力学量センサ。

【請求項26】請求項12乃至請求項25に記載の力学

量センサと周辺の信号処理回路を半導体チップに集積し、それを樹脂モールドしたことを特徴とする集積回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、力学量の入力に応じた微小な力を検出する力学量センサ、例えば加速度センサや角速度センサに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、多くの電子システムが安全性や快適性向上のために搭載されている。このような電子システムにおいては力学量入力に対して各種の制御を行うため、様々な力学量センサが必要である。そして搭載の力学量センサには測定精度と共に小型化と低コスト化が求められる。このような要求に対して半導体を用いて力学量センサを実現する技術が知られている。

【0003】図30は、上記のような半導体力学量センサの第1の従来例を示す図であり、特公平6-44008号公報に記載された加速度センサの平面模式図である。以下、構成を説明する。構造体はすべて基板上に堆積した多結晶シリコン薄膜で形成されている。1は慣性質量、2は慣性質量を基板に支持する梁部、3は慣性質量の側面より延びた櫛歯電極である。4、5は基板に固定された櫛歯電極であり、慣性質量の側面より延びた櫛歯電極3に対向している。これらの櫛歯電極3〜5で検出電極6を形成している。

【0004】また、慣性質量1の電位は梁部2を介して接続点aから電気的に周辺処理回路（図示せず）に接続されている。また、慣性質量の側面より延びた櫛歯電極3に対して図30において下側に対向する櫛歯電極4は、接続点cを介して周辺処理回路（図示せず）に接続されている。さらに、慣性質量の側面より延びた櫛歯電極3に対して図30において上側に対向する櫛歯電極5は接続点bを介して周辺処理回路（図示せず）に接続されている。

【0005】次に動作を説明する。図30のy軸方向に加速度が入力すると、慣性質量1に慣性力が発生する。発生した慣性力に釣り合うように梁部2は撓み、その結果、慣性質量の側面より延びた櫛歯電極3と櫛歯電極4の間隔および櫛歯電極3と櫛歯電極5の間隔に差が生じる。これを図30の接続点aと接続点c間および接続点aと接続点b間の容量差として検出する。

【0006】次に、図32は、第2の従来例としての角速度センサを示す図であり、(a)は平面模式図、

(b)は(a)のQ-Q'断面模式図である。この従来例は、例えば「J. Bernstein et al. "Micromachined Comb-Drive Tuning Fork Rate Gyroscope", Digest IE EE/ASME Micro Electro Mechanical Systems MEMS Workshop, Florida, 1993, 143-148」に開示されている。

【0007】以下、構成を説明する。第1の従来例と同

様に、構造体はすべて基板12上に堆積した多結晶シリコン薄膜で形成されている。7は振動質量、8～9は振動質量を基板12に支持する支持部、10は振動質量の側面より延びた櫛歯電極と基板に固定された櫛歯電極とで構成した駆動電極である。そして基板12上には絶縁膜11が形成され、絶縁膜11上の振動質量7の直下には検出電極13が形成されている。

【0008】次に動作について説明する。2つの振動質量は、図32中の接点aから印加される共通電位に対して接点b、接点dと接点cとに逆位相の駆動電圧を印加することにより、x軸方向にそれぞれ逆方向に駆動されて振動する。このような振動質量の駆動状態において、図中z軸方向に角速度 $\Omega$ が入力してz軸回りに回転すると、下記(数1)式で示されるようなコリオリ力 $F_c(t)$ がそれぞれの振動質量に対してy軸方向に発生する。

【0009】

$$F_c(t) = 2 \cdot m \cdot V_m(t) \cdot \Omega \quad \dots (数1)$$

ただし、 $m$ ：振動質量の質量

$V_m(t)$ ：静電引力により駆動される振動質量の速さ

上記(数1)式から判るように、コリオリ力 $F_c(t)$ は振動質量の速さ $V_m(t)$ に比例する。従って、より大きなコリオリ力を発生するためには、通常は真空中で共振周波数で駆動を行い、より大きな $V_m(t)$ を得るようにする。

【0010】振動質量はそれぞれ逆方向に駆動されるため、発生するコリオリ力は符号が逆になる。そして発生したコリオリ力により振動質量はy軸方向の基板の法線方向に変位する。この変位により2つの振動質量の共通電位(接点a)とそれぞれの検出電極間の容量が変化するので、この差動容量の変化によって角速度を検出することが出来る。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、第1および第2の従来例で示したような力学量センサにおいては、検出電極または駆動電極を、変位可能な質量の側面より延びた櫛歯電極と基板に固定した片持ち梁状の櫛歯電極とを対向させて構成しているため、櫛歯電極の剛性が低く容易に変位が可能であり、かつ、振動質量7を支える支持部8の剛性も低く振動質量の変位を拘束するものが無い。そのため、特に基板の法線方向に容易に変位しうる。その結果、落下した場合等に発生する衝撃力等により、図31に示すように、櫛歯電極同士のミスマッチが容易に発生して動作不良を引き起こし、センサとしての信頼性を低下させるという問題点があった。

【0012】また、振動質量と基板間、櫛歯電極間等の可動部と固定部が数 $\mu m$ 程度の間隔で近接しているため、ゴミ等が挟まると動作不良を引き起こし、信頼性および製造歩留まりの低下を引き起こすという問題点があった。このため引用した文献には明示されていないが、

通常これらゴミの問題を回避するために、キャップやカンパッケージ等を用いて可動部を覆う方法が用いられる。しかし、この方法でも可動部を覆う工程中に発生するゴミやキャップ、カンパッケージ等に付着したゴミによる動作不良が発生し、製造コストの上昇と歩留まりの低下をまねくという問題点があった。また、特に第2の従来例のような角速度センサにおいては、感度を向上させるために真空実装が必要であり、センサのコスト上昇を招くとともに真空実装までの実装工程で発生するゴミによる歩留まり低下を回避できないという問題点があった。

【0013】本発明は、上記のごとき問題を解決するためになされたものであり、第1の目的は、衝撃等に対する強度が大きくて信頼性の高い力学量センサを提供することであり、第2の目的は、衝撃等に対する強度が大きく、かつゴミによる不都合を解決し、信頼性が高く、製造歩留まりが高くて製造コストが低い力学量センサを提供すること、およびそれを用いた集積回路を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明においては、特許請求の範囲に記載するように構成している。すなわち、請求項1に記載の発明においては、導電性物質で形成された質量と前記質量を基板上に支持する導電性物質で形成された弾性支持体とを有する振動系と、前記基板に固定され、前記質量内に設けた貫通孔を貫通するように配置された、前記質量の変位を制限する変位制限手段と、力学量入力に応じて前記質量に発生する力を検出軸方向の前記質量の変位として検出する前記質量と静電結合した電極と、を備えるように構成している。

【0015】前記のように請求項1の発明においては、変位制限手段を設けることにより、振動系の質量の変位を制限するように構成しているので、衝撃等が印加された場合における強度を増大させ、信頼性を向上させることができる。なお、請求項1の発明は、例えば後記図1の実施の形態に示すような加速度センサに適用する。

【0016】また、請求項5に記載の発明においては、導電性物質で形成された質量と前記質量を基板上に支持する導電性物質で形成された弾性支持体とを有する振動系と、前記基板に固定され、前記質量内に設けた貫通孔を貫通するように配置された、前記質量の変位を制限する変位制限手段と、力学量入力に応じて前記質量に発生する力を検出軸方向の前記質量の変位として検出する前記質量と静電結合した第1の電極と、前記質量の変位検出軸方向とは異なる方向に前記質量を駆動する前記質量と静電結合した第2の電極と、を備えるように構成している。

【0017】前記のように請求項5の発明は、検出用の第1の電極と駆動用の第2の電極を備えた力学量センサ

に変位制限手段を設けたものである。なお、請求項5の発明は、例えば後記図5の実施の形態に示すような角速度センサに適用する。

【0018】また、請求項12に記載の発明においては、導電性物質で形成された質量と弾性支持体とを有する振動系と、前記基板に固定され、前記質量内に設けた貫通孔を貫通するように配置された、支持構造体と、前記支持構造体により基板上に支持され、前記基板とで前記振動系を内包する閉空間を形成する導電性のシェルと、力学量入力に応じて前記質量に発生する力を検出軸方向の前記質量の変位として検出する前記質量と静電結合した電極と、前記質量の変位を制限する変位制限手段と、を備えるように構成している。

【0019】前記のように請求項12の発明は、基板とで振動系を内包する閉空間を形成する導電性のシェルと、変位制限手段とを設けたものであり、これによって衝撃等に対する強度が大きく、かつゴミによる不都合を解決し、信頼性が高く、製造歩留まりが高く製造コストが低い力学量センサを実現することが出来る。なお、請求項12の発明は、例えば後記図11の実施の形態に示すような加速度センサに適用する。

【0020】また、請求項18に記載の発明においては、導電性物質で形成された質量と弾性支持体とを有する振動系と、前記基板に固定され、前記質量内に設けた貫通孔を貫通するように配置された、支持構造体と、前記支持構造体により基板上に支持され、前記基板とで前記振動系を内包する閉空間を形成する導電性のシェルと、力学量入力に応じて前記質量に発生する力を検出軸方向の前記質量の変位として検出する前記質量と静電結合した第1の電極と、前記質量の変位検出軸方向とは異なる方向に前記質量を駆動する前記質量と静電結合した第2の電極と、前記質量の変位を制限する手段と、を備えるように構成している。

【0021】前記のように請求項18の発明は、検出用の第1の電極と駆動用の第2の電極を備えた力学量センサにシェルと変位制限手段とを設けたものである。なお、請求項18の発明は、例えば後記図14の実施の形態に示すような角速度センサに適用する。

【0022】また、請求項26に記載の発明は、請求項12乃至請求項25に記載の力学量センサと周辺の信号処理回路を半導体チップに集積し、それを樹脂モールドした集積回路である。請求項12乃至請求項25に記載の力学量センサにおいては、シェルによって形成された閉空間内にセンサが収納されているので、そのまま樹脂モールドすることが可能である。したがって半導体プロセスで作成した閉空間内の力学量センサと周辺信号処理回路とを半導体チップに集積し、これを樹脂モールド等で実装することにより低コストで高信頼なICセンサを実現できる。

【0023】また、その他、請求項2～請求項4、請求

項6～請求項11、請求項13～請求項17、請求項19～請求項25は、それぞれ前記請求項1、請求項5、請求項12、請求項18の種々の実施の形態を示している。これらの実施の形態については、後記図1～図29に示す各実施の形態において説明する。

【0024】なお、請求項14に記載した、シェルが電氣的に独立した複数領域で構成され、質量の検出軸方向の変位を検出する電極を兼ねる、という構成、および請求項21に記載した、シェルが電氣的に独立した複数領域で構成され、質量の検出軸方向の変位を検出する第1の電極もしくは質量を駆動する第2の電極を兼ねる、という構成は、例えば、後記図14、図17に記載したごとく構成、すなわちシェル上に電極(33等)が設けられ、それを検出用や駆動用の電極に用いる構成を示す。

【0025】

【発明の効果】請求項1においては、変位制限手段を設けたことにより、落下等の衝撃が印加された場合でも質量と電極との相対位置ずれが発生せず、信頼性の高い力学量センサを実現することが出来る、という効果が得られる。請求項2においては、請求項1の効果に加えて、変位制限手段と検出用の電極を兼用することにより、構成を簡略化し、小型で安価に出来る、という効果が得られる。

【0026】請求項5においては、検出用電極と駆動用電極とを有する力学量センサ(例えば角速度センサ)において、請求項1と同様の効果が得られる。請求項6においては、請求項5の効果に加えて、変位制限手段と検出用の第1の電極または駆動用の第2の電極を兼用することにより、構成を簡略化し、小型で安価に出来る、という効果が得られる。

【0027】請求項9においては、質量が変位制限手段を越えて変位し得ない程度に、変位制限手段の基板上の高さを設定したので、基板の法線方向の変位制限効果が得られる。請求項10においては、変位制限手段の基板固定端と反対の端の外形状を貫通孔の内径よりも大きく設定したため、変位制限手段の高さの増加をまねかずに基板の法線方向の変位制限効果が得られる。請求項11においては、複数の変位制限手段を備え、隣接する変位制限手段同士が質量を基板との間に取り囲むように接続されているため、変位制限手段の高さの増加をまねかずに基板法線方向の変位制限効果が得られる。

【0028】請求項12においては、シェルおよび支持構造体が質量の変位を制限するため、落下等の衝撃が入力した場合でも、質量と電極の相対位置ずれは発生せず、信頼性の高い力学量センサを実現できる。また、半導体製造プロセスを用いて、閉空間内の振動系を形成するので、製造工程中および動作中に発生する可動ゴミを従来の方法に比べて大幅に抑制することができ、製造歩留まりと力学量センサの信頼性の向上が実現できる。また、半導体製造プロセスを用いて、閉空間内の振動系を

形成することができるので、簡易な実装形態で力学量センサを実現でき、製造コストの抑制を実現できる、という効果が得られる。請求項13、請求項14においては、請求項12の効果に加えて、シェルの支持構造体やシェル自体を変位制限手段と検出用の第1の電極または駆動用の第2の電極を兼用することにより、構成を簡略化し、小型で安価に出来る、という効果が得られる。

【0029】請求項18においては、検出用電極と駆動用電極とを有する力学量センサ（例えば角速度センサ）において、請求項12と同様の効果が得られる。請求項19においては、真空内装置で金属を堆積することにより、容易に真空中に維持された閉空間内を実現でき、角速度センサの感度向上と、実装コスト抑制を実現できる、という効果が得られる。

【0030】請求項21、請求項22においては、請求項18の効果に加えて、シェルの支持構造体やシェル自体を変位制限手段と検出用の第1の電極または駆動用の第2の電極を兼用することにより、構成を簡略化し、小型で安価に出来る、という効果が得られる。請求項26においては、半導体プロセスで作成した閉空間内の力学量センサと周辺信号処理回路とを半導体チップに集積し、これを樹脂モールド等で実装することにより低コストで高信頼なICセンサを実現できる、という効果が得られる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明を説明する。

（第1の実施の形態）本実施の形態は、請求項1、請求項2、請求項3、請求項9、請求項17項に対応する加速度センサの例である。

【0032】まず、構成を説明する。図1は、第1の実施の形態を示す図であり、（a）は平面模式図、（b）は（a）のL-L'断面模式図、（c）は（a）のM-M'断面模式図である。図1において、Si基板26上に酸化Si膜25と窒化Si膜24を堆積して基板を構成する。この基板には、弾性支持体17を介して固定部18で基板に固定された質量15が振動系を構成している。これらの弾性支持体17、固定部18および質量15は多結晶Siにより形成されている。

【0033】また、質量15には貫通孔100が設けられ、この貫通孔100を貫通するように基板上に固定された複数の変位制限手段88が配置され、さらに質量15と弾性支持体17と固定部18とに囲まれた空所に変位制限手段89が設けられている。この変位制限手段88、89は、基板上の多結晶Si配線40に固定された多結晶Si部44と、さらにその上に堆積された多結晶Si部90より構成されており、変位制限手段88は質量15のy軸方向の変位を検出する電極を兼ねている。

【0034】また、前記変位制限手段88、89の高さは加速度センサへの許容入力範囲における、前記振動系

の基板法線方向への変位量よりも充分大きく設定されている。従って破壊するような過大入力がない限り、振動系は基板に固定された前記変位制限手段に対する基板平面内での相対位置を維持するようになっている。

【0035】前記変位制限手段88は、基板上の多結晶Si配線40により図1（b）に示すように相互に電気的に接続され、接続点aとbに纏められている。なお、接続の詳細は図示を省略している。また、図1（b）、（c）に示すように、質量15も固定部18を介して同様に基板上の多結晶Si配線40に電気的に接続（接続点c）されている。

【0036】質量15と変位制限手段88は、図2に示すように差動容量回路を形成し、容量値の変化に応じて質量15のy軸方向の変位を検出する。この差動容量回路からの信号は基板上の多結晶Si配線40によって信号処理回路（図示せず）に接続されている。なお、図2における可変容量を示す符号が質量15と変位制限手段88との間の電気容量（静電容量）を示す。

【0037】次に、図1に示す実施の形態の製造方法について説明する。図3および図4は、図1に示す実施の形態の製造工程を示すL-L'断面模式図である。なお、図3および図4の工程（a）～（h）は一連の工程を示すが、図示の都合上、二つの図面に分けて示している。

【0038】（a）半導体Si基板26を酸化して酸化膜25を形成後、酸化膜25上に多結晶Siを堆積した後パターニングを行い、多結晶Si配線40を形成する。

（b）窒化Si膜24を全面に堆積する。

（c）犠牲層として最終的にはエッチング除去する、酸化膜45を堆積し、基板に固定する変位制限手段88、89の配置に合わせてパターニングを行う。

【0039】（d）質量15、弾性支持体17、固定部18および変位制限手段88、89の一部となる多結晶Si膜を堆積する。

【0040】（e）前記多結晶Si膜のパターニングを行う。

（f）パターニングした多結晶Si膜を平坦化するように酸化膜45を堆積し、変位制限手段88、89の配置に合わせてパターニングを行う。

（g）変位制限手段88、89を形成する多結晶Si膜を堆積してパターニングする。

（h）弗酸系の溶液を用いて酸化膜45を除去し、質量15と弾性支持体17よりなる振動系および変位制限手段を形成する。

前記の工程（a）～（h）により、図1の加速度センサが形成される。

【0041】前記のように構成したことにより、図1に示す実施の形態においては、変位制限手段88、89が質量15の変位を制限するため、落下等の衝撃が印加さ

れた場合でも、質量15と検出電極(88が兼用)の相対位置ずれは発生せず信頼性の高い力学量センサを実現できる。なお、図1においては、変位制限手段88と89とを設けた場合を例示したが、変位制限手段89を省略し、変位制限手段88のみを設けてもよい。

【0042】(第2の実施の形態)本実施の形態は請求項5、請求項6、請求項7、請求項10、請求項24に対応する角速度センサの例である。まず、構成を説明する。図5は第2の実施の形態を示す図であり、(a)は平面模式図、(b)は(a)のN-N'断面模式図、(c)は(a)のO-O'断面模式図である。

【0043】図5において、Si基板39上に酸化Si膜38と窒化Si膜37を堆積して基板を構成する。L字型の弾性支持体28はx-y平面内で変位可能形状を有し、固定部27によって基板に固定され、質量30と振動系を構成している。この振動系のx、y軸方向の共振周波数は、弾性支持体28のx-y平面での構造により任意に設定できる。また、弾性支持体28、固定部27および質量30は多結晶Siにより形成されている。

【0044】質量30には貫通孔101が設けられ、この貫通孔101を貫通するように変位制限手段91が配置されている。また、弾性支持体28と固定部27と質量30とで形成する空所を貫通するように変位制限手段92が配置されている。前記変位制限手段91、92は基板上の多結晶Si配線40に固定された多結晶Si部46、絶縁用の窒化Si膜36およびさらにその上に堆積された多結晶Si部93より構成されており、変位制限手段91は質量30のx軸方向の駆動電極とy軸方向の変位検出電極を兼ねている。

【0045】前記変位制限手段91の基板との固定端の反対側の端の外形状は、ひさし状に多結晶Si部93が形成され、貫通孔101の内径より大きく設定されている。すなわち、変位制限手段91の端で貫通孔101からはみ出した部分の大きさは、貫通孔101の内径よりも大きく設定されている。従って破壊するような過大入力がない限り、振動系は基板に固定された変位制限手段91に対する基板平面内での相対位置を維持する。

【0046】また、変位制限手段91は、多結晶Si配線40により図5(a)、(b)に示すように相互に電気的に接続されており、接続点a、bとc、dに纏められている。なお、接続の詳細は図示を省略している。また、図5(c)に示すように、質量30も固定部27を介して同様に多結晶Si配線40に電気的に接続(接続点e)されている。

【0047】変位制限手段91からの4つの接続点a、b、cおよびdは質量30の接続点eとの間にそれぞれ電気容量を構成し、質量のx軸方向の静電引力による駆動を行なうと共に、z軸回りに角速度が印加された際に発生するコリオリ力(前記数1式参照)によるy軸方向の質量30の変位を検出する。

【0048】次に、本実施の形態のように質量30の電位に対向する4つの電極による質量の駆動およびコリオリ力の検出方法について説明する。なお、これらの方法については、本出願人の先行出願である特願平6-318158号、特願平6-304820号、特願平7-196404号等にも詳細に記載されているので、基本的な説明のみを行なう。

【0049】図29は検出回路の一例を示す回路図である。図29において、Cd1、Cd2、Cs1、Cs2はそれぞれ図5の下記のものに相当する。すなわち、Cd1は接続点aと接続点e間の電気容量、Cd2は接続点bと接続点e間の電気容量、Cs1は接続点cと接続点e間の電気容量、Cs2は接続点dと接続点e間の電気容量に相当する。

【0050】質量30の電位 $V_m$ に対して、所定の駆動電圧を駆動電極端Vd1、Vd2に交互に印加することにより、質量30をx軸方向に振動駆動する。振動する質量30のx軸方向の共振周波数 $f_{xr}$ は、質量30の質量と支持体28のx軸方向のバネ定数で決まる。従って、駆動電源OSC1の印加周波数を電氣的に調整することにより容易に共振状態を実現することができる。

【0051】精度の良いコリオリ力の測定には、質量30を一定周波数、一定振幅で駆動することが必要である。振動周波数は駆動周波数と一致するので、駆動電源OSC1の周波数を一定に保持すればよい。また、一定振幅制御のためには、例えば図29のような構成にすればよい。すなわち、各駆動電極端Vd1、Vd2と駆動電源OSC1との間に、参照電気容量Cr2を直列に接続する。

【0052】電気容量のインピーダンス $Z_c$ は、下記(数2)式で示される。

$$Z_c = 1 / j \omega C \quad \dots (数2)$$

したがって、参照電気容量Cr2を各駆動電極端と質量30との間の電気容量Cd1、Cd2よりも充分大きくすれば駆動電圧のCr2に於ける損失は殆ど無視できる。実際上のCd1、Cd2の値はpF程度であるので、同一基板上においてもCr2の実現は容易である。

【0053】参照電気容量Cr2を介した駆動電圧D、 $\bar{D}$ (アンダーラインはDの反転電圧であることを示す)の印加時に於て、各駆動電極端Vd1、Vd2の電位をバッファ163を介し、その差動信号を復調器162にて駆動電源OSC1の駆動周波数に同期して検出すれば、質量30の振動振幅に関する情報が得られる。従って得られた振幅情報が所定値になるように駆動電源OSC1にネガティブフィードバックをかけることにより、質量30の一定振幅駆動が可能となる。

【0054】次に、前記(数1)式で示されるコリオリ力による検出電極対の電気容量変化の検出方法は、例えば図29に示すように行えばよい。すなわち、各検出電極端Vs1、Vs2と検出電源OSC2(駆動電源OS1よ



りも充分高い周波数を有する電源)との間に、各検出電極と質量30間の電気容量とほぼ等しい参照電気容量Cr1を直列に接続する。参照電気容量Cr1を介した検出電圧Cの印加時に於て、各検出電極端Vs1、Vs2の電位をバッファ163を介し、その差動信号を復調器162によって検出電源OSC2の周波数に同期して検出すれば、駆動電源OSC1の周波数で変化するコリオリ力によるy軸方向の変位量が得られる。従って、図29に示すように、再度、駆動電源OSC1の駆動周波数に同期して信号を処理すればy軸方向の変位量に対応したDC信号が得られる。

【0055】DC的なx軸方向の外乱加速度入力は、質量30の振動振幅の変化として出力に影響を与える。この影響は振動振幅を監視し、これを一定にするような図29に示したような構成をとることによって除去することができる。

【0056】また、DC的なz軸方向の外乱加速度入力は、質量30の振動振幅の変化および検出電極の対向面積の変化として出力に影響を与える。振動振幅の変化による影響はx軸方向の場合と同じ手法で除去できる。検出電極の対向面積の変化による出力への影響は、検出電極対の差動容量を検出する図29のような構成によって除去できる。

【0057】また、DC的なy軸方向の外乱加速度入力は、本実施の形態の角速度センサを2個一対として用い、各々の質量30を逆位相で駆動し、各々の角速度センサの出力の差動信号をとることによって除去することができ、より精度の高い角速度検出を行うことができる。また、各角速度センサの出力の和動信号をとることにより、検出軸方向(y軸方向)のDC的な外来加速度入力を検出できる。

【0058】さらに、x、y軸方向のAC的な外乱加速度入力については、x軸方向およびy軸方向に共振による振動を誘起して出力に影響を与えるが、各軸方向の共振周波数を充分高く設計すれば、センサの実装構造によりローパスフィルタを構成してAC的な外乱加速度入力を抑制することができる。

【0059】また、図29で示すような検出部の駆動および信号処理回路を同一基板上に形成すれば、微小な発生信号が処理回路に入力する間に混入する外来ノイズの影響を大幅に減少できる。また、参照電気容量Cr1対、Cr2対の電気容量のペア性を向上することができ、駆動力および出力信号のオフセットを低減することが出来る。

【0060】次に、図5に示す実施の形態の製造方法について説明する。図6および図7は、図5に示す実施の形態の製造工程を示すN-N'断面模式図である。なお、図6および図7の工程(a)~(h)は一連の工程を示すが、図示の都合上、二つの図面に分けて示している。また、基本的なプロセスフローは前記第1の実施の

形態とはほぼ同じである。

【0061】(a)半導体Si基板39を酸化して酸化膜38を形成した後、多結晶Si配線40を堆積しパターンニングする。

(b)窒化Si膜37を全面に堆積する。

(c)犠牲層となる酸化膜47を堆積し、多結晶Si配線40との接続部に合わせてパターンニングする。

(d)質量33、弾性支持体28、固定部27および変位制限手段91となる多結晶Si膜を堆積し、その後窒化Si膜36を全面堆積して変位制限手段91に合わせてパターンニングを行う。

【0062】(e)質量33、弾性支持体28、固定部27および変位制限手段91に合わせて多結晶Si膜のパターンニングをおこなう。

(f)パターンニングした多結晶Si膜を平坦化するように酸化膜47を堆積した後、変位制限手段91に合わせてパターンニングする。

(g)多結晶Si膜を堆積し、質量30の貫通孔より大きい外形状にパターンニングする。

(h)弗酸系の溶液を用いて酸化膜47を除去し、質量30と弾性支持体28よりなる振動系を形成する。

前記の工程により、図5の角速度センサが形成される。

【0063】前記のように構成したことにより、図5に示す第2の実施の形態においては、前記第1の実施の形態の効果に加えて以下のような効果がある。

(1)変位制限手段91の基板固定端と反対の端(質量30から上にはみ出した部分)の外形状を貫通孔101の内径よりも大きく設定したため、変位制限手段91の高さの増加をまねかずに基板の法線方向の変位制限効果が得られる。

(2)本実施の形態による力学量センサを前記第2従来例と同様に対にして逆位相に駆動し、その出力の差動信号を求めることにより、さらに外乱加速度の影響を除去でき、より高精度の角速度計測が可能となる。

【0064】(第3の実施の形態)本実施の形態は、請求項1、請求項2、請求項3、請求項11、請求項17に相当する。まず、構成を説明する。図8は、第3の実施の形態を示す図であり、(a)は平面模式図、(b)は(a)のP-P'断面模式図である。本実施の形態の平面構造は、前記第1の実施の形態とほとんど同一であり、断面構造のみが第1の実施の形態と異なっている。

【0065】図8において、Si基板26上に酸化Si膜25と窒化Si膜24を堆積して基板を構成する。この基板には、弾性支持体17を介して固定部18で基板に固定された質量15が振動系を構成している。これらの弾性支持体17、固定部18および質量15は多結晶Siにより形成されている。

【0066】また、質量15には貫通孔100が設けられ、この貫通孔100を貫通するように基板上に固定された変位制限手段88が配置され、さらに質量15と弾

性支持体17と固定部18とに囲まれた空所に変位制限手段89が設けられている。この変位制限手段88、89は、基板上の多結晶Si配線40に固定された多結晶Si部44と、さらにその上に堆積された多結晶Si部90より構成されており、変位制限手段88は質量15のy軸方向の変位を検出する電極を兼ねている。

【0067】また、図8(b)に示すように、基板上に複数配置された変位制限手段88は、隣接する変位制限手段88同志が質量15を基板との間に取り囲むように接続されている。すなわち、隣接する変位制限手段88の貫通孔100からはみ出した部分が多結晶Si部90で接続され、質量15を取り囲む形状になっている。従って破壊するような過大入力がない限り、振動系は基板に固定された前記変位制限手段に対する基板平面内での相対位置を維持する。

【0068】前記変位制限手段88は、基板上の多結晶Si配線40により図8(b)に示すように相互に電気的に接続され、接続点aとbに纏められている。なお、接続の詳細は図示を省略している。また、質量15も固定部18を介して同様に基板上の多結晶Si配線40に電気的に接続(接続点c)されている。

【0069】質量15と変位制限手段88は、前記図2に示すように差動容量回路を形成し、容量値の変化に応じて質量15のy軸方向の変位を検出する。この差動容量回路からの信号は基板上の多結晶Si配線40によって信号処理回路(図示せず)に接続されている。なお、図2における可変容量を示す符号が質量15と変位制限手段88との間の電気容量を示す。

【0070】次に、図8に示す実施の形態の製造方法について説明する。図9および図10は、図8に示す実施の形態の製造工程を示すP-P'断面模式図である。なお、図9および図10の工程(a)~(h)は一連の工程を示すが、図示の都合上、二つの図面に分けて示している。

【0071】(a)半導体Si基板26を酸化して酸化膜25を形成後、酸化膜25上に多結晶Siを堆積した後にパターニングを行い、多結晶Si配線40を形成する。

(b)窒化Si膜24を全面に堆積する。

(c)犠牲層として最終的にはエッチング除去する、酸化膜45を堆積し、基板に固定する変位制限手段89の配置に合わせて、パターニングを行う。

(d)質量15、弾性支持体17、固定部18および変位制限手段89の一部となる多結晶Si膜を堆積する。

【0072】(e)前記多結晶Si膜のパターニングを行う。

(f)パターニングした多結晶Si膜を平坦化するように酸化膜45を堆積し、変位制限手段89の配置に合わせてパターニングを行う。

(g)変位制限手段89を形成する多結晶Si膜を堆積

しパターニングする。

(h)弗酸系の溶液を用いて酸化膜45を除去し、質量15と弾性支持体17よりなる振動系および変位制限手段を形成する。

前記の工程により、図8の加速度センサが形成される。

【0073】前記のように構成したことにより、図8に示す第3の実施の形態においては、前記第1の実施の形態の効果に加えて以下のような効果がある。

(1)基板上に複数配置された変位制限手段88は、隣接する変位制限手段88同志が質量15を基板との間に取り囲むように接続されているため、変位制限手段89の高さの増加をまねかずに基板法線方向の変位制限効果が得られる。

【0074】(第4の実施の形態)本実施の形態は、請求項12、請求項13、請求項15、請求項17、請求項26に対応する加速度センサの例である。まず、構成を説明する。図11は、第4の実施の形態を示す図であり、(a)は平面模式図、(b)は(a)のA-A'断面模式図、(c)は(a)のB-B'断面模式図である。

【0075】図11において、Si基板26上に酸化Si膜25と窒化Si膜24を堆積して基板を構成する。基板上には多結晶Si膜20と窒化Si膜21で構成したシェル102が形成されており、基板との間で閉空間を形成している。前記閉空間内には、弾性支持体17により固定部18にて基板に固定された質量15が振動系を構成している。それらの弾性支持体17、固定部18および質量15は多結晶Siにより形成されている。

【0076】また、質量15には貫通孔100が設けられ、この貫通孔100を貫通するように基板上に固定された支持構造体16が配置され、さらに質量15と弾性支持体17と固定部18とに囲まれた空所に支持構造体19が設けられている。また、前記シェル102は、前記支持構造体16、19により基板上に支持されている。また、前記支持構造体16は、基板に固定された多結晶Si部44とシェル102の窒化Si膜層21を貫通する金属部22より構成されており、質量15のy軸方向の変位を検出する電極を兼ねている。

【0077】また、支持構造体16は、金属部22により図11(b)に示すように相互に電気的に接続され、接続点aとbに纏められている。なお、接続の詳細は図示を省略している。また、図1(b)、(c)に示すように、質量15も固定部18を介して金属部23に電気的に接続(接続点c)されている。また、シェル102を構成する多結晶Si膜20も金属部23にて電気的に接続(接続点c)されている。したがって質量15とシェル102を構成する多結晶Si膜20とは電気的に相互に接続されている。

【0078】また、質量15と支持構造体16は、前記図2のように差動容量回路を形成し、容量値の変化より

質量15のy軸方向の変位を検出する。差動容量回路からの信号は金属部22および金属部23を介して信号処理回路(図示せず)に接続されている。なお、図2における可変容量を示す符号が質量15と支持構造体16との間の電気容量を示す。

【0079】次に、図11に示す実施の形態の製造方法について説明する。図12および図13は、図11に示す実施の形態の製造工程を示すA-A'断面模式図である。なお、図12および図13の工程(a)～(i)は一連の工程を示すが、図示の都合上、二つの図面に分けて示している。

【0080】(a)半導体Si基板26を酸化して酸化膜25を形成後、窒化Si膜24を全面に堆積する。

(b)犠牲層として最終的にはエッチング除去する、酸化膜45を堆積し、基板に固定するシェルの支持構造体16の配置に合わせて、パターニングを行う。

(c)質量15、弾性支持体17、固定部18およびシェルの支持構造体16となる多結晶Si膜を堆積し、パターニングを行う。

(d)パターニングした多結晶Si膜を平坦化するように酸化膜45を堆積する。

【0081】(e)堆積した酸化膜45を形成する閉空間の形状にパターニングし、さらにシェルの形成する多結晶Si膜20を堆積しパターニングする。

(f)シェルの多結晶Si膜20を支持構造体16に合わせてパターニングし、さらに窒化Si膜21を全面に堆積する。

(g)支持構造体16を形成する金属部22に合わせて窒化Si膜21をパターニングする。

(h)弗酸系の溶液を用いて酸化膜45を除去し、シェル内に閉空間と質量15と弾性支持体17よりなる振動系を形成する。酸化膜45の除去の際には質量15を貫通するシェル支持構造体16の周辺の空間はエッチング孔としても機能する。

(i)金属を全面に堆積し、パターニングする。

前記の工程により、図11に示した加速度センサが形成される。

【0082】前記のように構成したことにより、第4の実施の形態においては、次のごとき効果が得られる。

(1)シェル102および変位検出電極を兼ねたシェルの支持構造体16が質量15の変位を制限するため、落下等の衝撃が入力した場合でも、質量と電極の相対位置ずれは発生せず、信頼性の高い力学量センサを実現できる。

(2)半導体製造プロセスを用いて、閉空間内の振動系を形成するので、製造工程中および動作中に発生する可動ゴミを従来の方法に比べて大幅に抑制することができ、製造歩留まりと力学量センサの信頼性の向上が実現できる。

(3)振動系を形成する質量とシェルの形成する多結晶

Siを共通電位とすることで、質量に発生する静電力を抑制でき、かつ差動容量検出部に及ぼす外部からの電気的なノイズの影響を抑制できる。特に、微小な容量値変化を測定する場合はこの効果は大きい。

(4)半導体製造プロセスを用いて、閉空間内の振動系を形成するので簡易な実装形態で力学量センサを実現でき、製造コストの抑制を実現できる。

(5)本実施の形態では、シェルによって形成された閉空間内にセンサが収納されているので、そのまま樹脂モールドすることが可能である。したがって本実施の形態のように半導体プロセスで作成した閉空間内の力学量センサと周辺信号処理回路とを半導体チップに集積し、これを樹脂モールド等で実装することにより低コストで高信頼なICセンサを実現できる。

【0083】(第5の実施の形態)本実施の形態は、請求項18、請求項19、請求項20、請求項21、請求項22、請求項24、請求項26に対応する角速度センサの例である。まず、構成を説明する。図14は、第5の実施の形態を示す図であり、(a)は平面模式図、(b)は(a)のC-C'断面模式図、(c)は(a)のD-D'断面模式図である。

【0084】図14において、Si基板39上に酸化Si膜38と窒化Si膜37を堆積して基板を構成する。基板には多結晶Si膜35と窒化Si膜34で構成したシェル102が形成されており、基板との間で閉空間を形成している。

【0085】前記閉空間内には、x-y平面内で変位可能なL字型の弾性支持体28により固定部27にて基板に固定された質量30が振動系を構成している。振動系のx、y軸方向の共振周波数は弾性支持体28のx-y平面での構造により任意に設定できる。それらの弾性支持体28、固定部27および質量30は多結晶Siにより形成されている。

【0086】前記シェル102は、質量30に設けた貫通孔101を貫通するように配置された支持構造体29、32により基板上に支持されている。前記支持構造体32は、基板上の多結晶Si配線40に固定された多結晶Si部46、絶縁用の窒化Si膜36およびシェルの窒化Si膜層34を貫通する金属部41より構成されており、質量30のx軸方向の駆動電極とy軸方向の変位検出電極とを兼ねている。

【0087】また、支持構造体32は、多結晶Si配線40により図14(a)、(b)に示すように相互に電氣的に接続され、接続点aとbおよびcとdに纏められている。なお、接続の詳細は図示を省略している。また、図14(c)に示すように、質量30も固定部27を介して同様に基板上の多結晶Si配線40に電氣的に接続(接続点e)されている。さらにシェル102を構成する多結晶Si膜35も多結晶Si配線40にて電氣的に接続(接続点e)されている。したがって質量30

とシェル102を構成する多結晶Si膜35とは電氣的に相互に接続されている。

【0088】また、図14(c)に示すように、シェル102を構成する窒化Si膜34上には多結晶Si膜で形成された電極33〔図14(a)の破線部分〕が形成されており、静電的に質量30に対向している。そして電極33の直下の基板には多結晶Si配線で形成した電極42が形成されており、質量30に対向している。この電極33は接続点fに、電極42は接続点gに、それぞれ電氣的に接続されている。

【0089】前記の支持構造体32による4つの接続点a、b、cおよびdは、質量30の接続点eとの間にそれぞれ電気容量を構成し、質量のx軸方向の静電引力による駆動を行なうとともに、z軸回りに角速度が入力した際に発生するコリオリ力(前記数1式参照)によるy軸方向の質量30の変位を検出する。なお、質量の電位に対向する4つの電極による質量の駆動およびコリオリ力の検出については前記第2の実施の形態で説明したのと同様である。

【0090】また、質量30に対向する電極33、42は、前記第4の実施の形態と同様に差動容量回路を構成し、質量のz軸方向の変位の検出および質量に対する静電引力発生が可能である。従って、電極33、42によりz軸方向の加速度検出や質量30のz軸方向の振動制御等に利用できる。

【0091】なお、本実施の形態のように半導体プロセスで作成した閉空間内の力学量センサと周辺信号処理回路とを半導体チップに集積し、これを樹脂モールド等で実装することにより低コストで高信頼なICセンサを実現できることは前記第4の実施の形態と同様である。

【0092】次に、図14に示す実施の形態の製造方法について説明する。図15および図16は、図14に示す実施の形態の製造工程を示すC-C'断面模式図である。なお、図15および図16の工程(a)~(h)は一連の工程を示すが、図示の都合上、二つの図面に分けて示している。また、基本的なプロセスフローは前記第4の実施の形態とほぼ同じである。

【0093】(a)半導体Si基板39を酸化して酸化膜38を形成した後、多結晶Si配線40を堆積してパターニングする。

(b)窒化Si膜37を全面に堆積する。

(c)犠牲層となる酸化膜47を堆積し、多結晶Si配線40との接続部に合わせてパターニングする。

(d)質量30、弾性支持体28、固定部27およびシェルの支持構造体32となる多結晶Si膜を堆積し、その後窒化Si膜36を全面に堆積してシェルの支持構造体32に合わせてパターニングを行う。

【0094】(e)多結晶Si膜を質量30、弾性支持体28、固定部27およびシェルの支持構造体32に合わせてパターニングをおこなう。

(f)パターニングした多結晶Si膜を平坦化するように酸化膜47を堆積した後、形成する閉空間の形状にパターニングし、さらにシェルを形成する多結晶Si膜35を堆積してパターニングする。

(g)シェルの多結晶Si膜35を支持構造体32に合わせてパターニングし、さらに窒化Si膜34を全面に堆積し、支持構造体32を形成する金属部41に合わせて窒化Si膜34をパターニングする。

(h)弗酸系の溶液を用いて酸化膜47を除去し、シェル内に閉空間と質量30と弾性支持体28よりなる振動系を形成した後、金属を全面に堆積し、パターニングする。酸化膜47の除去の際には質量30を貫通するシェル支持構造体32の周辺の空間はエッチング孔としても機能する。

前記の工程により、図14に示した角速度センサが形成される。

【0095】前記のように構成したことにより、第5の実施の形態においては、第4の実施の形態の効果に加えて、次のごとき効果が得られる。

(1)前記(h)の工程において真空内装置で金属を堆積することにより、容易に真空に維持された閉空間内を実現でき、角速度センサの感度向上と、実装コスト抑制を実現できる。

(2)本実施の形態による力学量センサを前記第2従来例と同様に対にして逆位相に駆動し、その出力の差動信号を求めることにより、さらに外乱加速度の影響を除去でき、より高精度の角速度計測が可能となる。

【0096】(第6の実施の形態)本実施の形態は、請求項18、19、20、21、22、24、26に対応する角速度センサの例である。まず、構成を説明する。図17は、第6の実施の形態を示す図であり、(a)は平面模式図、(b)は(a)のE-E'断面模式図である。

【0097】図17において、Si基板39上に酸化Si膜38と窒化Si膜37を堆積して基板を構成する。基板上には多結晶Si膜35と窒化Si膜34で構成したシェル102が形成されており、基板との間で閉空間を形成している。前記閉空間内には、L字型のx-y平面内で変位可能な弾性支持体28により固定部27にて基板に固定された質量30が振動系を構成している。振動系のx、y軸方向の共振周波数は弾性支持体28のx-y平面での構造により任意に設定できる。それらの弾性支持体28、固定部27および質量30は多結晶Siにより形成されている。

【0098】前記シェル102は、質量30に設けた貫通孔100を貫通するように配置された支持構造体29、32により基板上に支持されている。前記支持構造体32は基板上の多結晶Si配線40に固定された多結晶Si部46、絶縁用の窒化Si膜36およびシェルの窒化Si膜層34を貫通する金属部41より構成されて

おり、質量30のy軸方向の変位を検出する電極を兼ねている。

【0099】また、支持構造体32は、多結晶Si配線40により図17(a)に示すように相互に電氣的に接続され、接続点fとgに纏められている。なお、接続の詳細は図示を省略している。また、図17(b)に示すように、質量30も固定部27を介して同様に基板上の多結晶Si配線40に電氣的に接続(接続点e)されている。さらにシェル102を構成する多結晶Si膜35も多結晶Si配線40にて電氣的に接続(接続点e)されている。したがって質量30とシェル102を構成する多結晶Si膜35とは電氣的に相互に接続されている。

【0100】また、図17(b)に示すように、シェル102を構成する窒化Si膜34上には多結晶Si膜で形成された電極33、33'〔図17(a)の破線部分〕が形成されており、静電的に質量30に対向している。そして電極33、33'の直下の基板上には多結晶Si配線で形成した電極42、42'が形成されており、質量30に対向している。この電極33、33'は接続点aとcに、電極42、42'は接続点bとdに、それぞれ電氣的に接続されている。

【0101】前記の電極33、33'、42、42'による4つの接続点a、b、cおよびdは、質量30の接続点eとの間にそれぞれ電気容量を構成し、質量のx軸方向の静電引力による駆動を行なうとともに、z軸回りに角速度が入力した際に発生するコリオリ力(前記数1式参照)によるy軸方向の質量30の変位を検出する。なお、質量の電位に対向する4つの電極による質量の駆動およびコリオリ力の検出については前記第2の実施の形態で説明したのと同様である。

【0102】また、質量30に対向する電極(支持構造体)32は、前記第4の実施の形態と同様に差動容量回路を構成し、質量のz軸方向の変位の検出および質量に対する静電引力発生が可能である。従って、電極32によりz軸方向の加速度検出や質量30のz軸方向の振動制御等に利用できる。

【0103】なお、本実施の形態のように半導体プロセスで作成した閉空間内の力学量センサと周辺信号処理回路とを半導体チップに集積し、これを樹脂モールド等で実装することにより低コストで高信頼なICセンサを実現できることは前記第4の実施の形態と同様である。

【0104】次に、図17に示す実施の形態の製造方法について説明する。図18は、図17に示す実施の形態の製造工程を示すE-E'断面模式図である。なお、基本的なプロセスフローは前記第5の実施の形態とほぼ同じなので、詳細な説明は省略する。

【0105】前記のように構成したことにより、第6の実施の形態においては、第5の実施の形態の効果に加えて、次のごとき効果が得られる。

(1) 前記第5の実施の形態に比べて、シェルの支持構造体を兼ねた、質量30の変位検出電極の集積度を向上できるため、よりS/Nの高い検出が可能である。

(2) 本実施の形態による力学量センサを前記第2従来例と同様に対向して逆位相に駆動し、その出力の差動信号を求めることにより、さらに外乱加速度の影響を除去でき、より高精度の角速度計測が可能となる。

【0106】(第7の実施の形態) 本実施の形態は、請求項12、請求項13、請求項16、請求項17、請求項26に対応する加速度センサの例である。まず、構成を説明する。図19は、第7の実施の形態を示す図であり、(a)は平面模式図、(b)は(a)のF-F'断面模式図、(c)は(a)のG-G'断面模式図である。

【0107】この実施の形態においては、誘電体分離層としてパターンニングされた酸化膜層および窒化Si層を用いたSOI基板を用いて力学量センサを構成する。すなわち、図19において、ベース基板61、窒化Si膜60およびSOI層59からなるSOI基板62上に、酸化Si膜58と窒化Si膜63を堆積して基板を構成する。基板上には多結晶Si膜54と窒化Si膜53で構成したシェル103が形成され、基板との間で閉空間を形成している。前記閉空間内には、弾性支持体50により固定部51にて基板に固定された質量48が振動系を構成している。これらの弾性支持体50、固定部51および質量48はSOI層59をトレンチエッチングして形成されている。

【0108】前記シェル103は、質量48に設けた貫通孔100を貫通するように配置された支持構造体49、52により基板上に支持されている。前記支持構造体49は、ベース基板61上に窒化Si層60で固定された、トレンチエッチングで形成したSOI層部55とシェルの窒化Si膜層53を貫通する金属部56より構成されており、質量48のy軸方向の変位を検出する電極を兼ねている。

【0109】また、支持構造体49は、金属部56により図19(b)に示すように相互に電氣的に接続され、接続点aとbに纏められている。なお、接続の詳細は図示を省略している。また、図19(b)、(c)に示すように、質量48も固定部51を介して同様に金属部56に電氣的に接続(接続点c)されている。さらにシェル103を構成する多結晶Si膜54も金属部57にて電氣的に接続(接続点c)されている。したがって質量48とシェル103を構成する多結晶Si膜54とは電氣的に相互に接続されている。

【0110】また、質量48と支持構造体50は、前記図2のように差動容量回路を形成し、容量値の変化に応じて質量48のy軸方向の変位を検出する。差動容量回路からの信号は金属部56および57を介して信号処理回路(図示せず)に接続されている。

【0111】なお、本実施の形態のように半導体プロセスで作成した閉空間内の力学量センサと周辺信号処理回路とを半導体チップに集積し、これを樹脂モールド等で実装することにより低コストで高信頼なICセンサを実現できることは前記第4の実施の形態と同様である。

【0112】次に、図19に示す実施の形態の製造方法について説明する。図20および図21は、図19に示す実施の形態の製造工程を示すF-F'断面模式図である。なお、図20および図21の工程(a)～(h)は一連の工程を示すが、図示の都合上、二つの図面に分けて示している。

【0113】(a)誘電体分離層がパターンニングされた酸化膜層および窒化Si膜層であるSOI基板を用いる。

(b)SOI基板を酸化して酸化膜58を形成し、全面に窒化Si膜63を堆積し、トレンチエッチングにあわせてパターンニングする。その後、誘電体分離層に達するまでトレンチエッチングを行う。

(c)酸化膜を堆積してトレンチエッチング部を平坦化し、振動系を形成する領域の窒化Si膜63を除去する。

(d)酸化膜64を堆積後、形成する閉空間形状にあわせてパターンニングを行う。

【0114】(e)シェル103を形成する多結晶Si膜54を堆積し、パターンニングを行う。

(f)シェルの多結晶Si膜54を支持構造体49に合わせてパターンニングし、さらに窒化Si膜53を全面に堆積し、支持構造体49を形成する金属部56に合わせて窒化Si膜53をパターンニングする。

(h)弗酸系の溶液を用いて酸化膜64を除去し、シェル内に閉空間と質量48と弾性支持体50よりなる振動系を形成した後、金属を全面に堆積し、パターンニングする。酸化膜64の除去の際には質量48を貫通する支持構造体49の周辺の空間はエッチング孔としても機能する。

前記の工程により、図19に示した加速度センサが形成される。

【0115】前記のように構成したことにより、第7の実施の形態においては、第4の実施の形態に比べて次のとき効果が得られる。

(1)単結晶SiであるSOI層を用いたため、多結晶Si層を用いた場合に比べより安定して振動系を作成できる。

(2)SOI層をトレンチエッチングすることによって振動系を形成したため、基板表面での段差を大きくすることなく構造材の厚さを増加できる。そのため電気容量値が増加し、よりS/Nの高い検出が可能となる。

【0116】(第8の実施の形態)本実施の形態は、請求項12、13、17、15、26項に対応する加速度センサの例である。図22および図23は、第8の実施

の形態を示す図であり、図22(a)は平面模式図、図22(b)は(a)のH-H'断面模式図、図23

(a)は図22(a)のI-I'断面模式図、図23

(b)は図22(a)のJ-J'断面模式図、図23

(c)は図22(a)のK-K'の断面模式図である。

【0117】この実施の形態においては、誘電体分離層としてパターンニングされた酸化膜層および窒化Si層を用いたSOI基板を用いて力学量センサを構成する。すなわち、図22において、ベース基板78、窒化Si層77およびSOI層76からなるSOI基板79上に、酸化Si膜75と窒化Si膜69を堆積して基板を構成する。基板上には多結晶Si膜71と窒化Si膜70で構成したシェル103が形成されており、基板との間で閉空間を形成している。

【0118】前記閉空間内には、弾性支持体66により固定部65にて固定された質量72が振動系を構成している。弾性支持体66および質量72はSOI層をエッチングして形成したトレンチ部82内に堆積した多結晶Siで形成されている。この形成方法は、後述のプロセスフローに示すようにトレンチ部82となる多結晶Si堆積を行った後に、その他の部分のトレンチエッチングとトレンチ内の多結晶Si堆積を行っている。また、固定部65は弾性支持体66の端部付近のトレンチを埋めるように堆積した多結晶Siである。

【0119】前記シェル103は、質量72に設けた貫通孔100を貫通するように配置された支持構造体68により基板上に支持されている。前記支持構造体68はベース基板78上に窒化Si層77で固定された、トレンチエッチングで形成したSOI層部80とシェルの窒化Si膜層70を貫通する金属部73とから構成されており、質量72のy軸方向の変位を検出する電極を兼ねている。このSOI層部80の側面には、図22に示すように一方の側面のみを高濃度拡散層85が形成されている。そしてトレンチ内に埋め込んだ多結晶Siで形成した振動系とSOI層のトレンチ側壁の間隔は高濃度拡散層85がある側は大きく、ない側は小さくなっている。なお、支持構造体68の高濃度拡散層85が形成される側面は図示のごとく一つ置きに反対になっている。

【0120】また、弾性支持体66に沿った部分の前記シェルのSOI基板表面での固定部には、図23

(a)、(c)に示すように、エッチング孔として用いるトンネル部81が構成され、金属74で封止されている。また、支持構造体68は、金属部73により図22(b)に示すように相互に電氣的に接続され、一つ置きに接続点aとbに纏められている。なお、接続の詳細は図示を省略している。また、質量72も固定部65を介してSOI層76に電氣的に接続(接続点c)され、さらに金属部74に電氣的に接続されている。さらにシェル103を構成する多結晶Si膜71も金属部74にて電氣的に接続(接続点c)されている。したがって質量

72とシェル103を構成する多結晶Si膜71とは電氣的に相互に接続されている。

【0121】本実施の形態においては、一つの貫通孔100内には一つの支持構造体68が設けられている。しかし、トレンチ内に堆積した質量72とSOI層で形成した支持構造体68との間隔は、トレンチ側壁の高濃度拡散層85の有無により異なっており、かつ各支持構造体68が一つ置きに接続点aと接続点bとに纏められるので、前記図2に示したように、質量72と支持構造体68とで差動容量回路を形成し、容量値の変化に応じて質量72のy軸方向の変位を検出することが出来る。なお、差動容量回路からの信号は金属部73および金属部74を介して信号処理回路(図示せず)に接続されている。

【0122】次に、図22、図23に示す実施の形態の製造方法について説明する。図24および図25は、図22に示す実施の形態の製造工程を示すH-H'断面模式図である。なお、図24および図25の工程(a)～(i)は一連の工程を示すが、図示の都合上、二つの図面に分けて示している。また、図26はI-I'断面模式図、図27はJ-J'断面模式図、図28はK-K'断面模式図である。

【0123】以下、図24～図28を用いて工程順に説明する。

図24(a) 誘電体分離層がパターニングされた酸化膜層及び窒化Si膜層であるSOI基板を用いる。

図28(a) SOI基板を酸化して酸化膜75を形成した後、窒化Si膜69を形成する。

図24(b) 酸化膜75と窒化Si膜69を1回目のトレンチパターンにパターニングし、誘電体分離層までSOI層にトレンチを形成する。その後、SOI基板表面は酸化膜75と窒化Si膜69で保護し、トレンチ内の側壁に高濃度拡散層85を形成する。

図24(c) SOI基板表面は酸化膜75と窒化Si膜69で保護し、トレンチ側壁を酸化して酸化膜83を形成する。

【0124】図24(d) 形成したトレンチ内に多結晶Siを堆積し、SOI基板表面を平坦化する。

図24(e)、図26(a)、図27(a) 酸化膜75と窒化Si膜69を2回目のトレンチパターンにパターニングし、誘電体分離層までSOI層にトレンチを形成する。その後、SOI基板表面は酸化膜75と窒化Si膜69で保護し、トレンチ側壁を酸化して酸化膜84を形成する。側壁表面の不純物濃度が異なるため、1回目のトレンチ側壁に比べて酸化レートが異なるので、酸化膜83と酸化膜84は膜厚が異なる。形成したトレンチ内に多結晶Siを堆積し、SOI基板表面を平坦化する。

【0125】図26(b)、図27(b) 弾性支持体66の固定部65の形成領域に開口部を有するマスク層

86を形成し、酸化膜84を除去する。

図26(c)、図27(c) 除去した酸化膜により形成された溝部に、固定部65を形成する多結晶Siを堆積して平坦化を行う。

図25(f) 振動系を形成する領域の窒化Si膜を除去し、酸化膜87を堆積した後、形成する閉空間形状にあわせてパターニングを行う。

図25(g) シェルを構成する多結晶Si膜71を堆積し、パターニングを行う。

【0126】図28(b) シェルの多結晶Si膜71を支持構造体68に合わせてパターニングし、さらに窒化Si膜70を全面に堆積し、支持構造体68を形成する金属部73に合わせて窒化Si膜70をパターニングし、エッチング孔を形成する。

図25(h)、図27(d)、図28(c) 弗酸系の溶液を用いて、酸化膜83、84、87を除去し、シェル内に閉空間と質量72と弾性支持体67よりなる振動系を形成する。酸化膜83、84、87の除去の際には質量72を貫通するシェルの支持構造体68の周辺の空間はエッチング孔としても機能する。

【0127】図25(i)、図26(d)、図28(d) 金属を全面に堆積し、パターニングする。

前記の工程により、図22に示した加速度センサが形成される。

【0128】前記のように構成したことにより、本実施の形態においては、第4の実施の形態に比べて以下のような効果が得られる。

(1) SOI層のトレンチ内に堆積した多結晶Siで振動系を形成したため、基板表面での段差を大きくすることなく振動系の構造材の厚さを増加できる。そのため電極対向面積の増加に伴い、電気容量値が増加し、よりS/Nの高い検出が可能となる。

(2) SOI層のトレンチ内に堆積した多結晶Siで形成した構造体の断面は閉殻構造であるため断面積以上に剛性を向上することができる。

(3) 前記第6の実施の形態と同様な構成を用いることにより、本実施の形態と同様の製造プロセスで角速度センサの実現が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示す図であり、

(a)は平面模式図、(b)は(a)のL-L'断面模式図、(c)は(a)のM-M'断面模式図。

【図2】図1の力学量センサを用いた差動容量回路の一例を示す回路図。

【図3】図1の実施の形態の製造工程の一部を示す断面模式図。

【図4】図1の実施の形態の製造工程の他の一部を示す断面模式図。

【図5】本発明の第2の実施の形態を示す図であり、

(a)は平面模式図、(b)は(a)のN-N'断面模

式図、(c)は(a)のO-O'断面模式図。

【図6】図5の実施の形態の製造工程の一部を示す断面模式図。

【図7】図5の実施の形態の製造工程の他の一部を示す断面模式図。

【図8】本発明の第3の実施の形態を示す図であり、(a)は平面模式図、(b)は(a)のP-P'断面模式図。

【図9】図8の実施の形態の製造工程の一部を示す断面模式図。

【図10】図8の実施の形態の製造工程の他の一部を示す断面模式図。

【図11】本発明の第4の実施の形態を示す図であり、(a)は平面模式図、(b)は(a)のA-A'断面模式図、(c)は(a)のB-B'断面模式図。

【図12】図11の実施の形態の製造工程の一部を示す断面模式図。

【図13】図11の実施の形態の製造工程の他の一部を示す断面模式図。

【図14】本発明の第5の実施の形態を示す図であり、(a)は平面模式図、(b)は(a)のC-C'断面模式図、(c)は(a)のD-D'断面模式図。

【図15】図14の実施の形態の製造工程の一部を示す断面模式図。

【図16】図14の実施の形態の製造工程の他の一部を示す断面模式図。

【図17】本発明の第6の実施の形態を示す図であり、(a)は平面模式図、(b)は(a)のE-E'断面模式図。

【図18】図17の実施の形態の製造工程を示す断面模式図。

【図19】本発明の第7の実施の形態を示す図であり、(a)は平面模式図、(b)は(a)のF-F'断面模式図、(c)は(a)のG-G'断面模式図。

【図20】図19の実施の形態の製造工程の一部を示す断面模式図。

【図21】図19の実施の形態の製造工程の他の一部を示す断面模式図。

【図22】本発明の第8の実施の形態の一部を示す図であり、(a)は平面模式図、(b)は(a)のH-H'断面模式図。

【図23】本発明の第8の実施の形態の他の一部を示す図であり、(a)は図22(a)のI-I'断面模式図、(b)は図22(a)のJ-J'断面模式図、(c)は図22(a)のK-K'断面模式図。

【図24】図22、図23の実施の形態の製造工程の一部を示す断面模式図。

【図25】図22、図23の実施の形態の製造工程の他の一部を示す断面模式図。

【図26】図22、図23の実施の形態の製造工程の他

の一部を示す断面模式図。

【図27】図22、図23の実施の形態の製造工程の他の一部を示す断面模式図。

【図28】図22、図23の実施の形態の製造工程の他の一部を示す断面模式図。

【図29】質量の電位に対向する4つの電極による質量の駆動およびコリオリ力の検出回路の一例を示す回路図。

【図30】第1の従来例の平面模式図。

【図31】第1の従来例で発生する不具合例を示す平面模式図。

【図32】第2の従来例を示す図であり、(a)は平面模式図、(b)は(a)のQ-Q'断面模式図。

【符号の説明】

1…慣性質量	2…梁部
3、4、5…櫛歯電極	6…検出電極
7…振動質量	8、9…支持部
10…櫛歯電極	11…酸化膜
12…基板	13…検出電極
15…質量	16…支持構造体
17…弾性支持体	18…固定部
19…支持構造体	20…多結晶Si膜
21…窒化Si膜	22…金属部
23…金属部	24…窒化Si膜
25…酸化Si膜	26…Si基板
27…固定部	28…弾性支持体
29…支持構造体	30…質量
32…支持構造体	33…電極
34…窒化Si膜	35…多結晶Si膜
36…窒化Si膜	37…窒化Si膜
38…酸化Si膜	39…Si基板
40…多結晶Si配線	41…金属部
42…電極	44…多結晶Si部
45…酸化膜	46…多結晶Si部
47…酸化膜	48…質量
49…支持構造体	50…弾性支持体
51…固定部	52…支持構造体
53…窒化Si膜	54…多結晶Si膜
55…SOI層部	56、57…金属部
58…酸化Si膜	59…SOI層
60…窒化Si膜	61…ベース基板
62…SOI基板	63…窒化Si膜
64…酸化膜	65…固定部
66…弾性支持体	67…トレンチ部
68…支持構造体	69…窒化Si膜
70…窒化Si膜	71…多結晶Si膜
72…質量	73、74…金属部
75…酸化Si膜	76…SOI層
77…窒化Si層	78…ベース基板
79…SOI基板	80…SOI層部



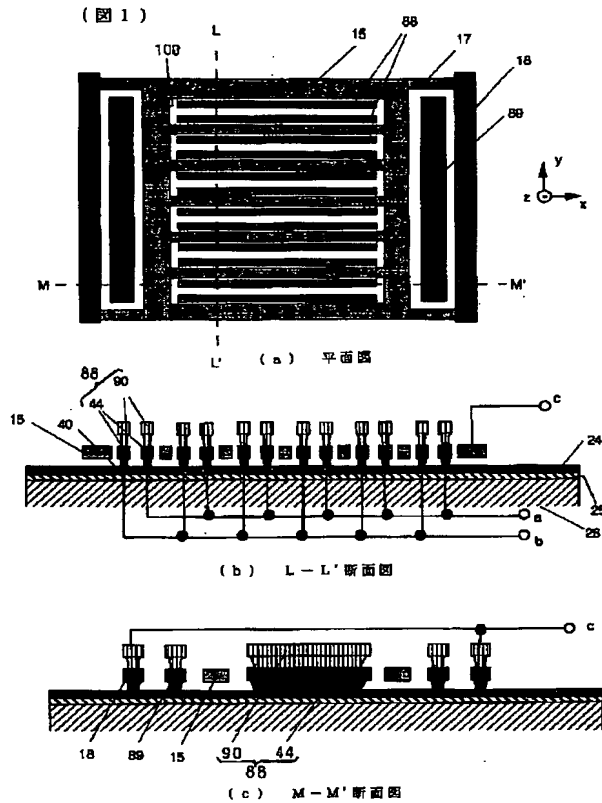
81…トンネル部  
83…酸化膜  
85…高濃度拡散層  
87…酸化膜  
90…多結晶Si部  
93…多結晶Si部

82…トレンチ  
84…酸化膜  
86…マスク層  
88、89…変位制限手段  
91、92…変位制限手段  
100…貫通孔

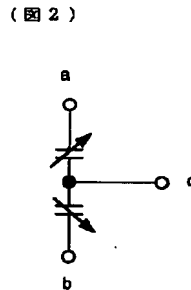
101…貫通孔  
102…シェル  
103…シェル  
C1  
160…検出電源OSC2  
163…バッファ

102…シェル  
159…駆動電源OS  
162…復調器

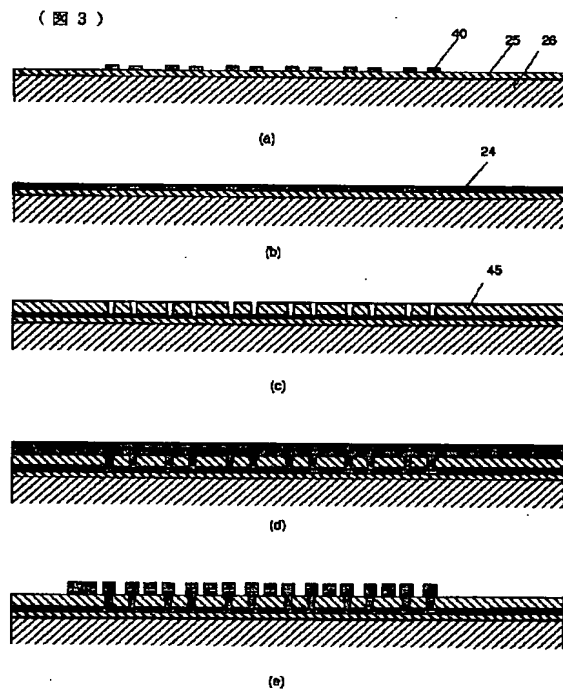
【図1】



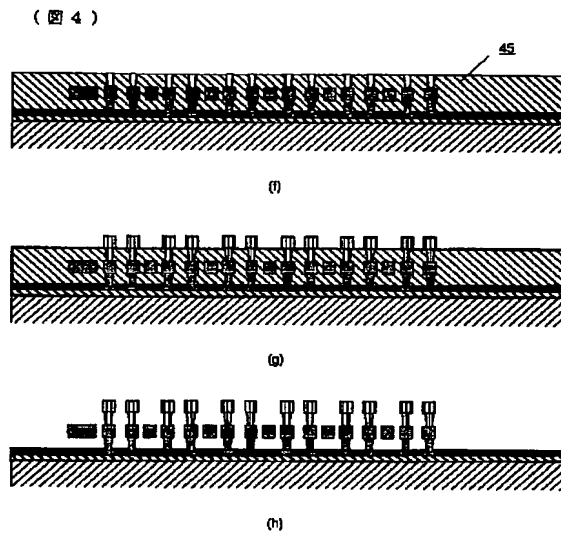
【図2】



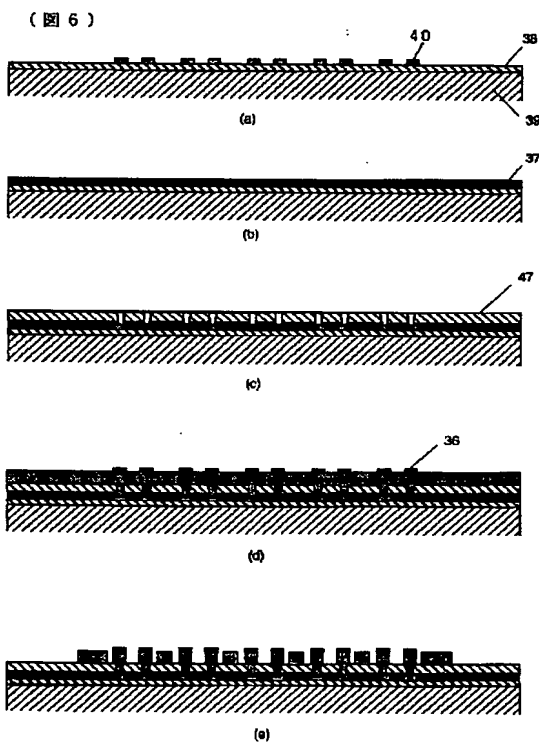
【図3】



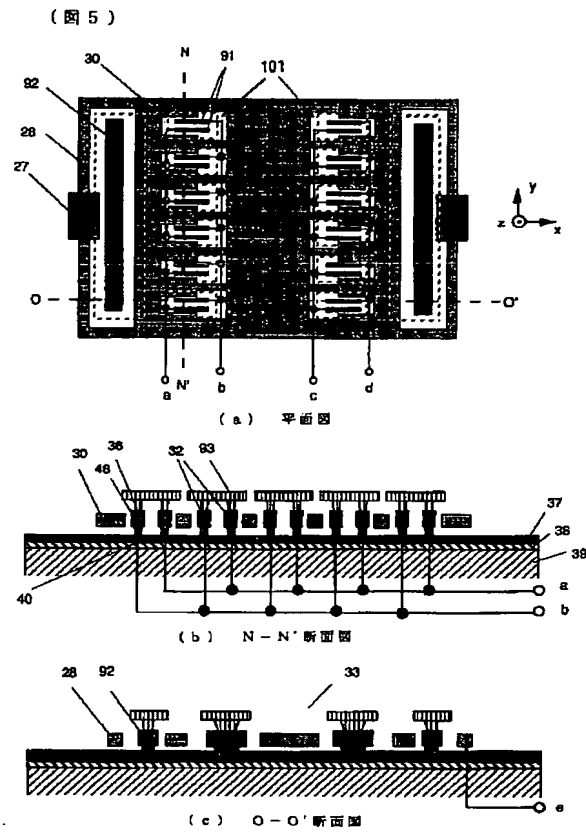
【図4】



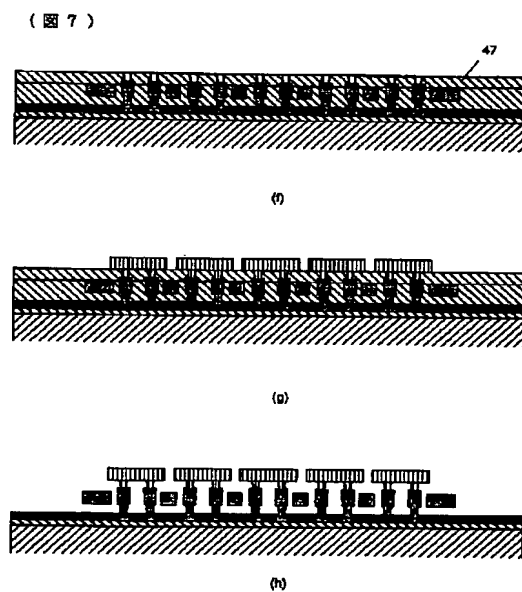
【図6】



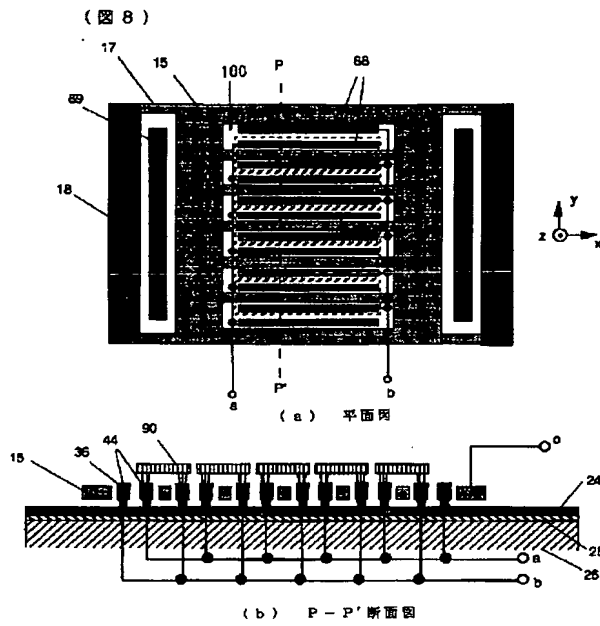
【図5】



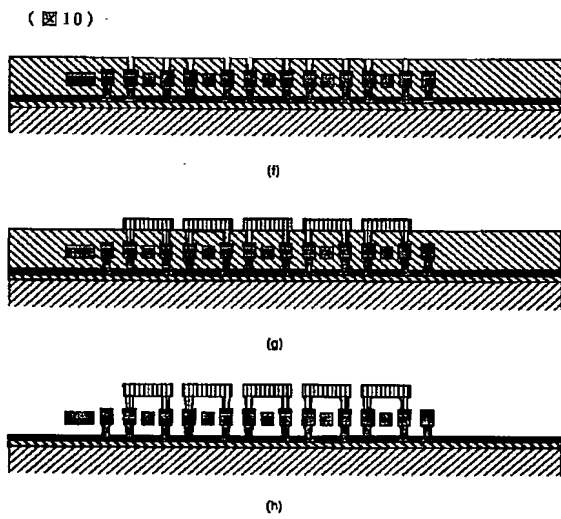
【図7】



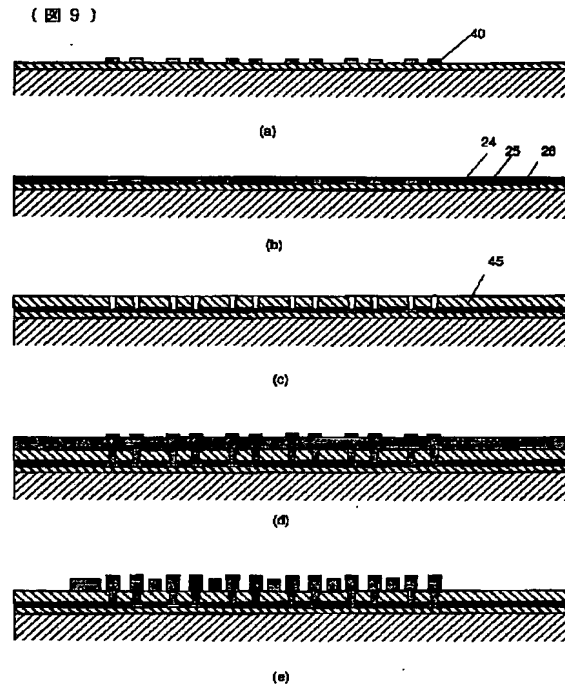
【図8】



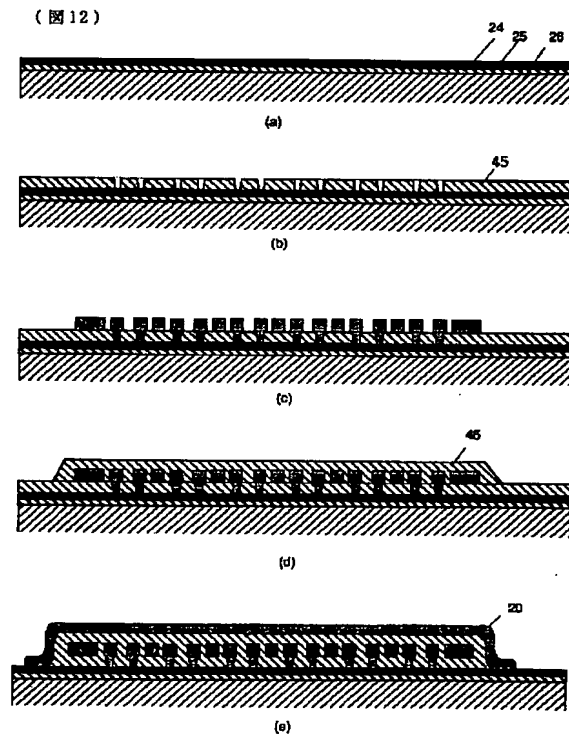
【図10】



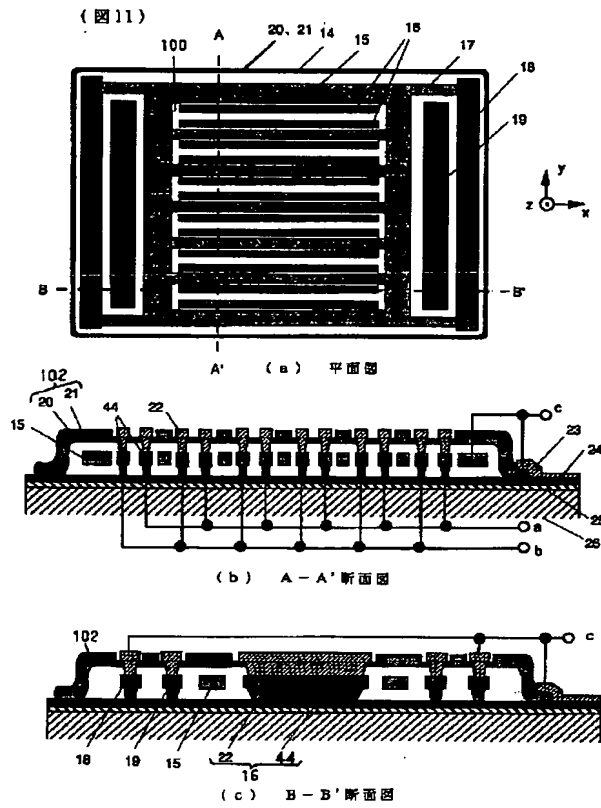
【図9】



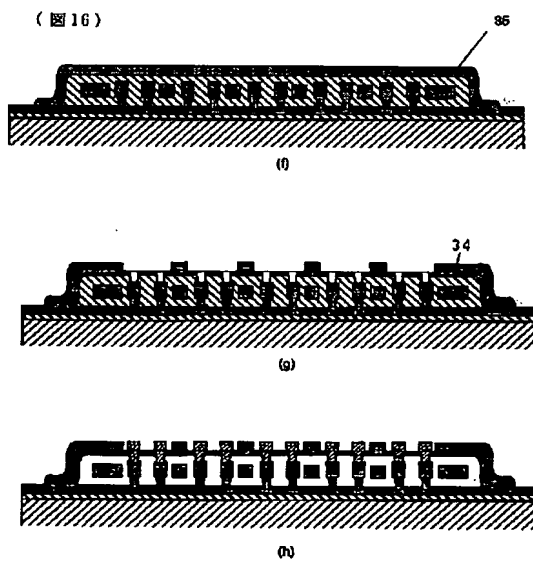
【図12】



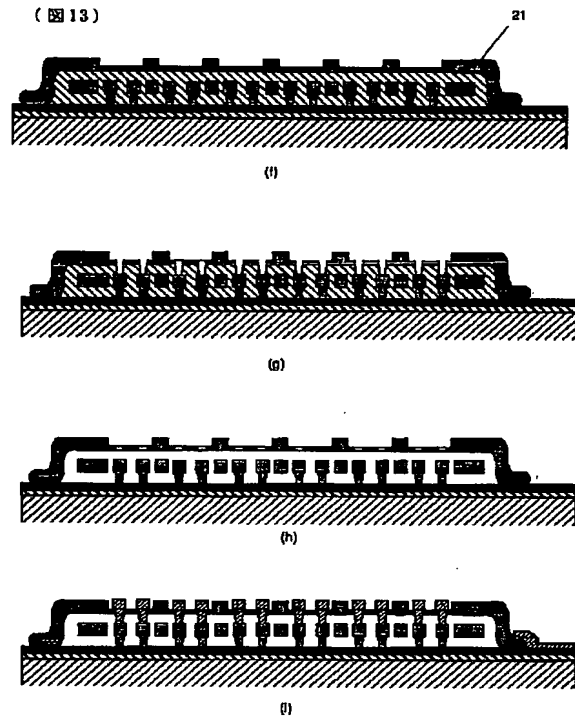
【図11】



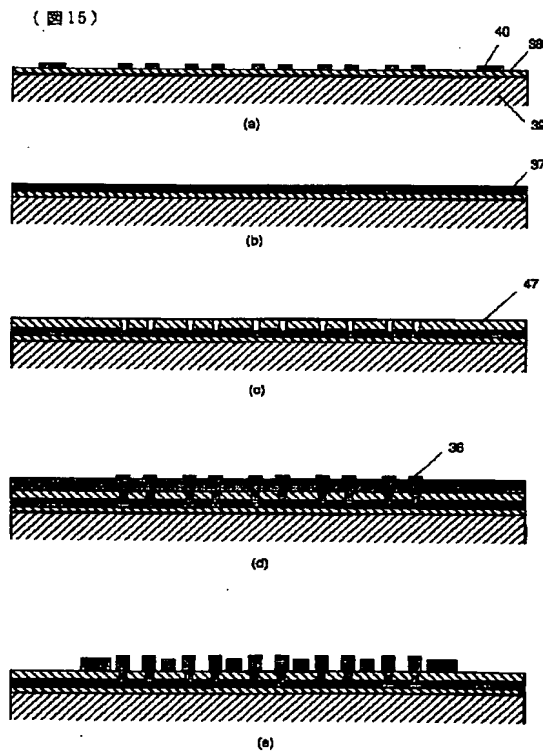
【図16】



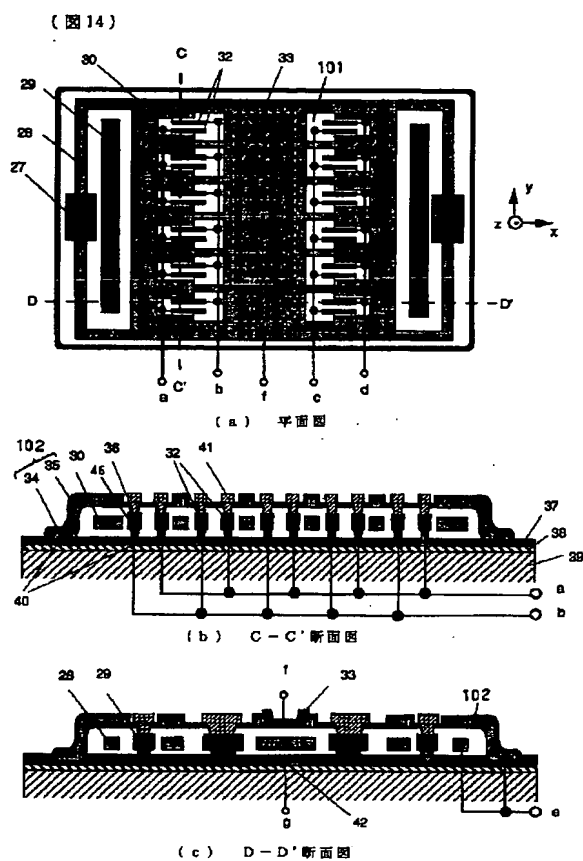
【図13】



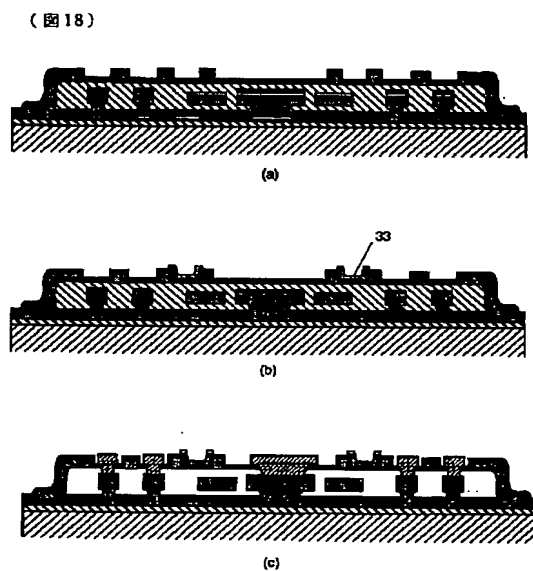
【図15】



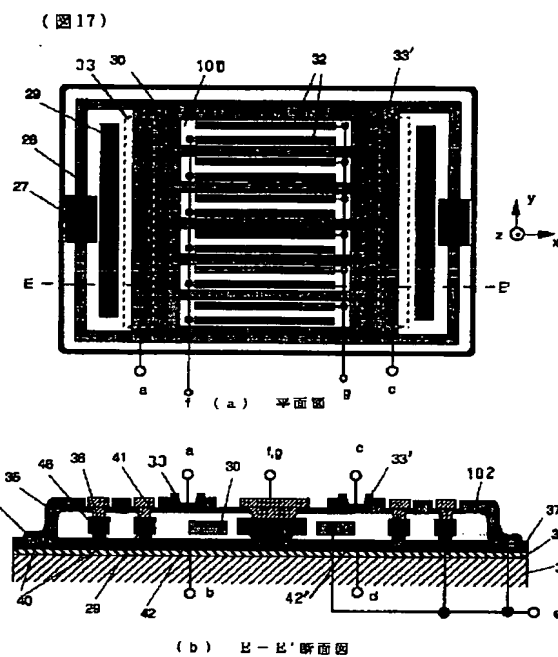
【図14】



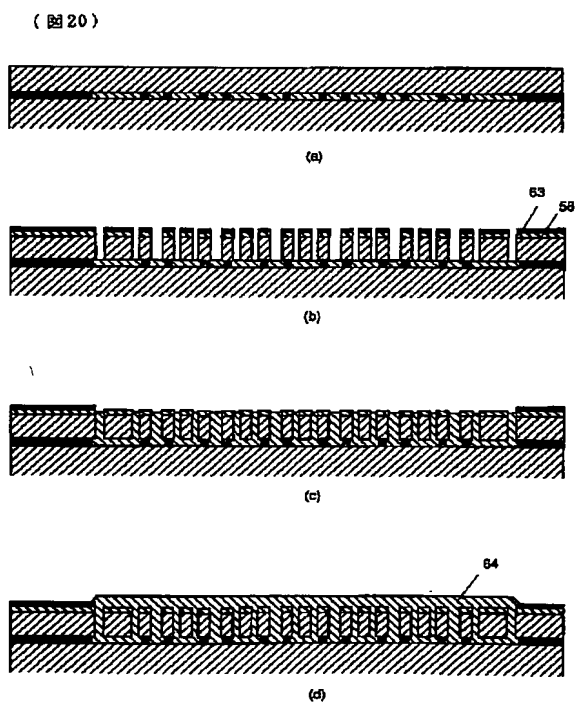
【図18】



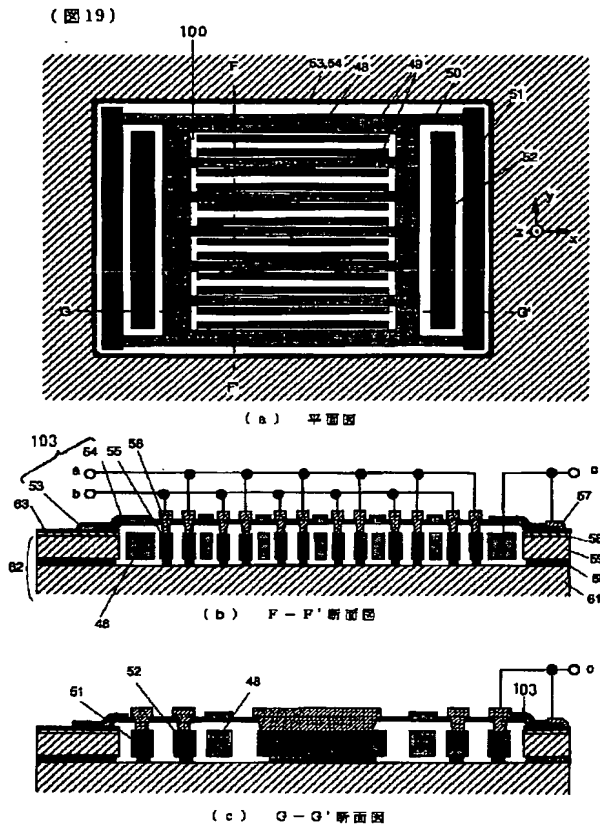
【図17】



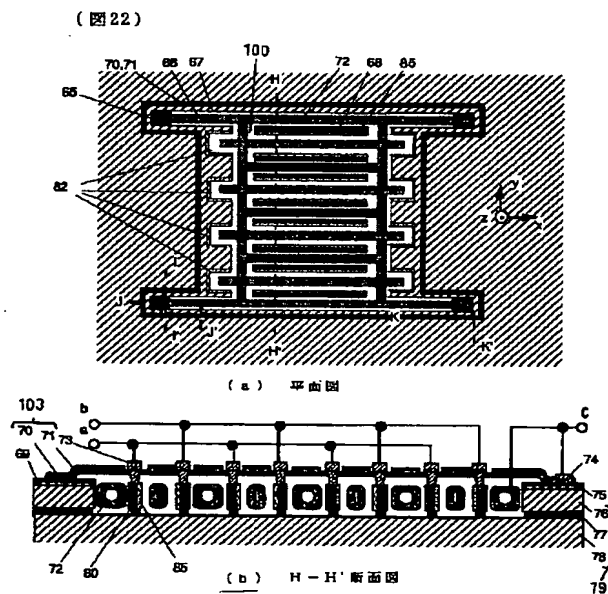
【図20】



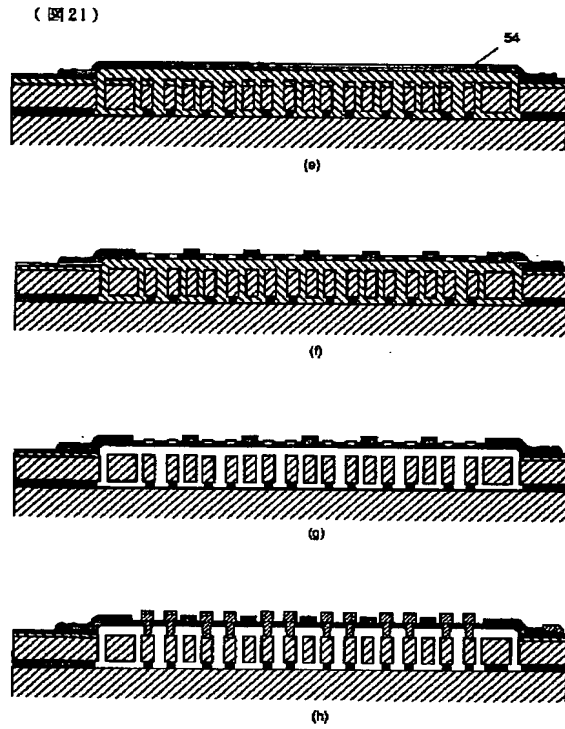
【図19】



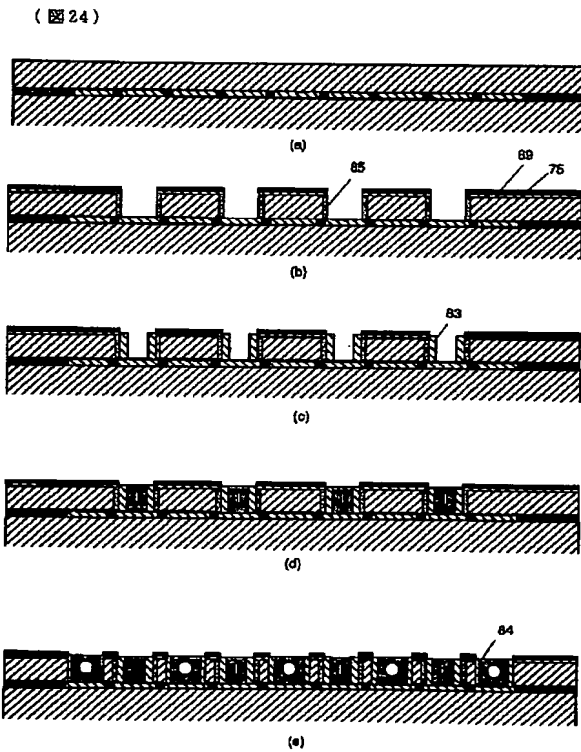
【図22】



【図21】

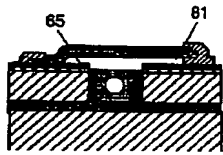


【図24】

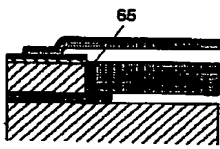


【図23】

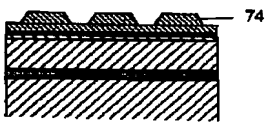
(図23)



(a)



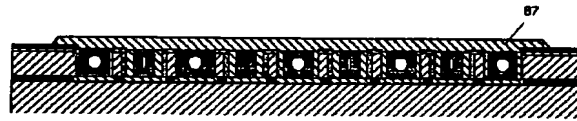
(b)



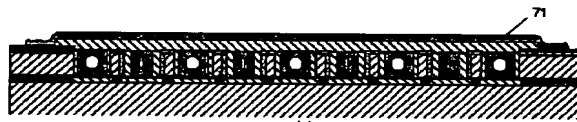
(c)

【図25】

(図25)



(f)



(g)



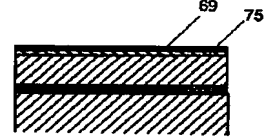
(h)



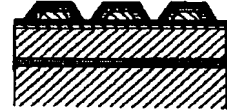
(i)

【図28】

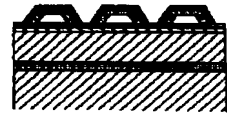
(図28)



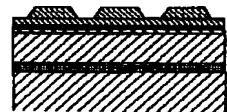
(a)



(b)



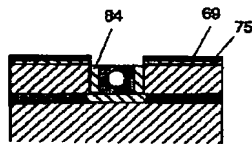
(c)



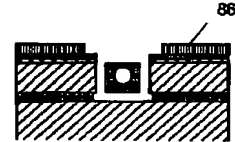
(d)

【図26】

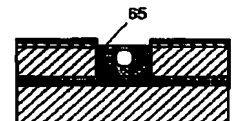
(図26)



(a)



(b)



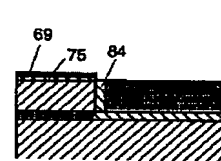
(c)



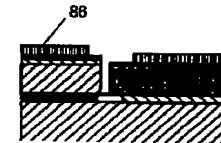
(d)

【図27】

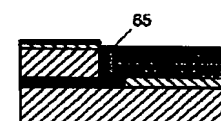
(図27)



(a)



(b)

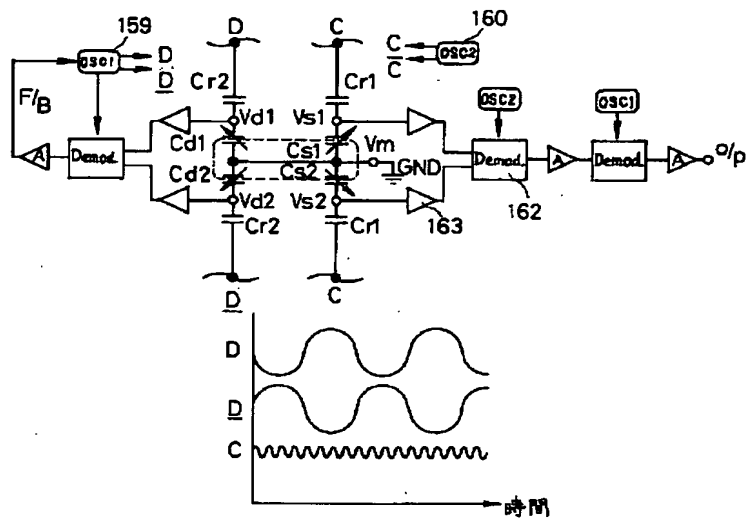


(c)

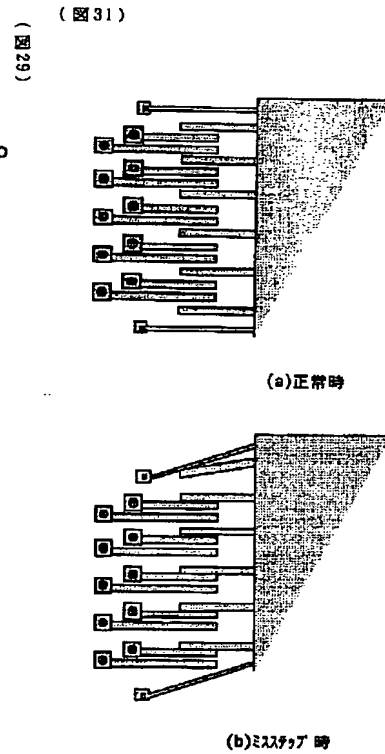


(d)

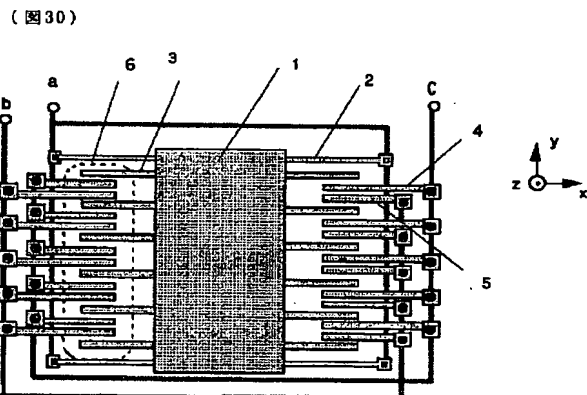
【図29】



【図31】



【図30】



【図32】

